

Universitat de Lleida

Grado en Fisioterapia

EFFECTIVIDAD DEL EJERCICIO PLIOMÉTRICO EN ARENA
EN LA LESIÓN DEL LCA EN FUTBOLISTAS: PROTOCOLO DE ESTUDIO

Por: *Michael Berenguer Dobato*

FACULTAD DE ENFERMERÍA Y FISIOTERAPIA

Grado en Fisioterapia

Tutor/a: *Diana Renovell Romero*

TRABAJO FINAL DE GRADO

Curso 2016-2017

Lleida, 26 de mayo de 2017

AGRADECIMIENTOS

Me gustaría agradecer a todas las personas que han hecho posible la realización de este trabajo:

- En primer lugar a mi tutora Diana Renovell Romero por su implicación, dedicación y ayuda en este trabajo. La rapidez a la hora de resolver dudas y las correcciones buscando la perfección en cada detalle han sido claves para que este trabajo sea mejor.
- Debo agradecer a todos los profesores que he tenido a lo largo del grado porque de todos he aprendido algo. Este trabajo es fruto de todo ello. Mención especial merecen aquellos que más tiempo dedican a la Facultad para que ésta crezca y sea mejor cada día.
- También debo agradecer al gimnasio 'Royal Lleida' por prestar sus instalaciones y materiales para realizar diferentes fotografías. Así como a uno de sus trabajadores y amigo, Iván Navarro.
- A mis compañeros de grado, algunos amigos para toda la vida, por ayudarme en cualquier duda que haya podido tener. Mención especial merece Luis Llurda, junto con el cual, se han compartido fuentes de información y artículos y revistas de interés para nuestro trabajo.
- Por último, a mi familia y amigos que me apoyan en todo momento y este apoyo es vital para alcanzar todos mis objetivos.

ÍNDICE

• I. Listado de Figuras.....	pág. 5
• II. Listado de tablas.....	pág. 6
• III. Resumen.....	pág. 7
• IV. Abstract.....	pág. 8
• 1. Introducción.....	pág. 9
• 2. Marco Teórico.....	pág. 9
○ 2.1 Epidemiología.....	pág. 9
○ 2.2 Anatomía.....	pág. 10
○ 2.3 Mecanismo lesional.....	pág. 11
○ 2.4 Osteoartritis tras lesión del LCA.....	pág. 12
○ 2.5 Rehabilitación tras reconstrucción del LCA.....	pág. 12
○ 2.6 Pliometría.....	pág. 14
○ 2.7 Entrenamiento en arena.....	pág. 15
○ 2.8 Fatiga y alteraciones biomecánicas.....	pág. 17
○ 2.9 Justificación del estudio.....	pág. 18
• 3. Hipótesis.....	pág. 20
• 4. Objetivos.....	pág. 20
• 5. Metodología.....	pág. 21
○ 5.1 Diseño.....	pág. 21
○ 5.2 Sujetos del estudio.....	pág. 23
○ 5.3 Variables del estudio.....	pág. 27
○ 5.4 Manejo de la información/recogida de datos.....	pág. 37
○ 5.5 Generalización y aplicabilidad.....	pág. 38
○ 5.6 Análisis estadístico.....	pág. 40
○ 5.7 Plan de intervención.....	pág. 41
• 6. Calendario previsto.....	pág. 48
○ 6.1 Fase previa.....	pág. 48
○ 6.2 Obtención del muestra.....	pág. 49
○ 6.3 Intervención y recogida de los datos.....	pág. 49
○ 6.4 Análisis de los datos.....	pág. 50
○ 6.5 Conclusiones del estudio.....	pág. 50
• 7. Limitaciones y posibles sesgos.....	pág. 52

- 8. Problemas éticos.....pág. 53
- 9. Organización del estudio.....pág. 54
- 10. Presupuesto.....pág. 57
- 11. Bibliografía.....pág. 60
- 12. Anexos.....pág. 70

I. Listado de figuras

-Figura 1: Estudio F.C Barcelona en arena.....	pág. 17
-Figura 2: Distribución de la muestra.....	pág. 22
-Figura 3: Distribución de los grupos.....	pág. 25
-Figura 4: Biodex System 4 Pro.....	pág. 29
-Figura 5: Escala Likert de 7 puntos.....	pág. 29
-Figura 6: Knee Goniometer App.....	pág. 30
-Figura 7: 'Viper Pod'.....	pág. 31
-Figura 8: Chalecos 'Viper Vest'.....	pág. 32
-Figura 9: 'Mobile Antena'.....	pág. 32
-Figura 10: Test de salto sencillo.....	pág. 33
-Figura 11: Test de Triple salto cruzado.....	pág. 34
-Figura 12: Sistema de puntuación de error de aterrizaje modificado.....	pág. 34
-Figura 13: Star Excursion Balance Test.....	pág. 35
-Figura 14: 'Skipping' por escalerillas.....	pág. 42
-Figura 15: Saltos de cuclillas.....	pág. 42
-Figura 16: Avanzar en zancadas.....	pág. 43
-Figura 17: Saltos verticales en el mismo sitio.....	pág. 43
-Figura 18: Saltos hacia los lados.....	pág. 43
-Figura 19: Subir a una caja a una pierna sin saltar y luego impulsarse hacia arriba.....	pág.43
-Figura 20: Saltar y chocar la mano.....	pág. 44
-Figura 21: Saltos adelante y atrás.....	pág. 44

-Figura 22: Saltar tirando las rodillas hacia el pecho.....	pág. 45
-Figura 23: Saltar a una caja.....	pág. 45
-Figura 24: Saltar a una caja de lado.....	pág. 45
-Figura 25: Saltar de un lado a otro de una caja apoyando siempre un pie en la caja.....	pág. 45
-Figura 26: Saltos desde una caja.....	pág. 46
-Figura 27: Dejarse caer desde una caja y saltar hacia arriba.....	pág. 46
-Figura 28: Saltos a una pierna.....	pág. 47
-Figura 29: Saltos tirando las rodillas hacia el pecho a una pierna.....	pág. 47
-Figura 30: Saltar de una caja al suelo y seguidamente a otra caja.....	pág. 47
-Figura 31: Dejarse caer desde una caja y saltar hacia arriba a una pierna.....	pág. 47
-Figura 32: Calendario previsto.....	pág. 51
-Figura 33: Instalaciones INEFC Lleida.....	pág. 55
-Figura 34: Instalaciones Facultad Enfermería y Fisioterapia.....	pág. 56
-Figura 35: Instalaciones Hospital Arnau de Vilanova.....	pág. 56

II. Listado de tablas

-Tabla 1: Variables del estudio.....	pág. 35
-Tabla 2: Presupuesto económico.....	pág. 55

III. Resumen

Pregunta clínica: En futbolistas lesionados del ligamento cruzado anterior, ¿es más efectivo realizar la pliometría en una superficie de arena que en una superficie de hierba?

Objetivo: Comprobar si la realización de ejercicios pliométricos en una superficie de arena dentro del programa de rehabilitación del ligamento cruzado anterior en futbolistas es más efectiva comparada con otras superficies más firmes. Para ello se evaluarán los efectos sobre la fatiga, impacto en la rodilla, tiempo de recuperación y recidiva.

Metodología: Este proyecto es un ensayo clínico aleatorizado a simple ciego en el que participa una muestra de 45 futbolistas lesionados del ligamento cruzado anterior. Los sujetos se dividirán de forma aleatoria en dos grupos: un grupo experimental, que realizará la intervención en arena y un grupo control, que realizará la intervención en hierba. La intervención consistirá en una serie de ejercicios pliométricos a días alternos, ejercicios técnico-tácticos y un día de descanso, cada semana. Cada día, tras las intervenciones, se realizarán y registrarán las mediciones de fatiga e impacto. La fatiga se medirá según el daño muscular (EVA, Escala Likert), actividad de la Creatina Kinasa (análisis de sangre), máxima contracción isométrica voluntaria del cuádriceps (dinamómetro isocinético) y rango de movimiento en la flexión de rodilla (aplicación móvil); el impacto se medirá a través de chalecos GPS y el tiempo de recuperación y la recidiva serán registrados a largo plazo en el momento en que estos datos sean notificados por los clubes.

Palabras clave: LCA, fútbol, pliometría, arena.

IV. Abstract

Clinical question: Is it more effective to perform plyometrics on a sand surface than on a grass surface in injured players of the anterior cruciate ligament?

Objective: To assess if the performance of plyometrics on a sand surface, in anterior cruciate ligament rehabilitation program in football players, is more effective than other firmer surfaces. For this, the effects on fatigue, knee impact, recovery time and re-injury will be evaluated.

Methodology: This project is a randomized and single-blind clinical trial. The sample consists in 45 injured players of the anterior cruciate ligament. The subjects will be randomly divided in two groups: an experimental group, who will perform the intervention in sand and a control group, who will perform the intervention on grass. The intervention will consist in plyometric exercises combined with technical and tactical exercises and a day of rest, every week. Every day, after the interventions, the measurements of fatigue and impact will be made and recorded. Fatigue will be measured according to muscle damage (VAS, Likert Scale), Creatine Kinase activity (blood test), maximal voluntary isometric contraction of the quadriceps (isokinetic dynamometer) and knee range of motion (mobile application); the impact will be measured with GPS vests and recovery time and re-injury will be recorded in long term when these data will have been notified by the clubs.

Keywords: ACL, football, plyometrics, sand.

1. Introducción

Uno de los principales problemas que existen en el mundo del deporte son las lesiones ya que pueden llegar a perjudicar en el rendimiento, temas económicos e incluso en el aspecto psicosocial de los deportistas. Las lesiones más comunes son los esguinces de tobillo y las lesiones musculares pero sin embargo, la lesión del ligamento cruzado anterior (LCA) es una de las lesiones más severas y costosas y se presenta como un problema en este ámbito deportivo (1).

2. Marco Teórico

2.1 Epidemiología

La lesión del LCA es una lesión que afecta en torno a unas 250 000 personas al año en Estados Unidos. Suele ocurrir en deportistas jóvenes en los cuales la reconstrucción del ligamento cruzado anterior (rLCA) es el procedimiento estándar para aquellos que quieren volver de nuevo a su actividad deportiva. Por ello, se estima que se realizan en torno a 100 000 de estas operaciones cada año (2–4). Sin embargo, varios estudios sostienen que solo un 69% vuelven a su anterior nivel deportivo y únicamente un 33% a nivel competitivo (5). Además hay un alto porcentaje en cuanto a recidivas ya que la incidencia de re-lesiones en algunos estudios puede llegar a estar entre el 10-30% (6–8). Diversas publicaciones afirman que 24 meses después, el riesgo se multiplica por seis respecto a los que nunca han sufrido esta lesión (6,9).

El fútbol es el deporte más popular del mundo (más de 265 millones de jugadores) y la rotura del LCA es una lesión notable y frecuente al igual que en otros deportes que implican giros, saltos y cambios de dirección (5,10). Los estudios apuntan que cerca del 87% de las lesiones en el fútbol ocurren en las extremidades inferiores y alrededor de un 20% de ellas en la articulación de la rodilla (11–13). Concretamente las lesiones del LCA constituyen aproximadamente un 5% del total de las lesiones afectando de 2 a 3 veces más a las mujeres (14). Algún otro estudio dice que en hombres las cifras anuales pueden llegar a rondar en torno al 3% (15).

En un estudio del 2014 sobre la temporada 08/09 de la primera división española de fútbol se encontró una incidencia de 11'4% de lesiones de rodilla y concretamente cerca del 3% de ellas afectaban a los ligamentos (16).

Además en 2013 se realizó un estudio en el que se observa una diferencia significativa entre equipos profesionales del norte y del sur de Europa en cuanto a la incidencia lesional del LCA. Los equipos del sur, entre los que se encuentran los españoles, tenían mayor incidencia lesional (19 frente a 12 lesiones cada 1000 horas de juego) respecto a los del norte. Esto es seguramente, decía el estudio, debido a una mayor tracción de la zapatilla con la superficie por el clima más cálido (17). Concretamente en Cataluña, tras revisar los datos del Observatorio de Salud de 2011 a 2015, se observaron 55 artroscopias de rodilla debidas a problemas de ligamento cruzado por causas futbolísticas (18).

2.2 Anatomía

El LCA es una estructura situada intraarticular y extrasinovialmente en la rodilla. Tiene una disposición helicoidal, se origina en la parte medial del cóndilo femoral externo y va a parar oblicuamente a la región anteromedial del platillo tibial. Se cruza haciendo una X con el ligamento cruzado posterior (LCP) en rotación interna de la tibia y se disponen paralelamente en rotación externa. Además están ambos cubiertos por una capa sinovial continua y forman lo que se denomina “pivote central” de la rodilla junto a los ligamentos meniscofemorales, aunque éstos últimos son inconstantes anatómicas (19,20).

En el LCA se distinguen dos fascículos funcionales, uno anteromedial (AM) y otro posterolateral (PL) y, aunque existe controversia debido a que anatómicamente cuesta diferenciarlos, algunos autores incluso sugieren que pueden haber incluso tres haces de fibras. Los fascículos reciben los nombres por su inserción tibial, yendo el AM de una parte más proximal del origen femoral a la parte anteromedial de la inserción tibial y el PL de una parte más distal del origen femoral a una parte más posterolateral de la inserción tibia (19,21).

En extensión de rodilla el ligamento tiene forma de abanico chocando con la escotadura que existe entre los cóndilos y, conforme se flexiona la rodilla, los fascículos se enrollan formando un cordón (19).

La función principal del LCA es limitar la traslación anterior de la tibia aunque también tiene un papel importante en la rotación tibial debido a la incongruencia de la articulación tibiofemoral. En menor medida controla la hiperextensión y, junto al LCP, la rotación de rodilla. Con la rodilla extendida es el fascículo PL el que controla la anteriorización de la tibia y es en flexión cuando lo hace el AM (21).

2.3 Mecanismo lesional

Es muy importante conocer el mecanismo de una lesión sobre todo para prevenir que este tipo de lesiones no ocurran. La lesión del LCA es muy severa para un deportista y no sólo por el tiempo en el que va a estar apartado de la práctica deportiva sino por lo que supone la propia lesión (22).

Un alto porcentaje de los pacientes con lesión completa sufren daños en los meniscos o en los cartílagos articulares. Además estudios longitudinales sugieren que tras 12 años de seguimiento más de la mitad tienen criterios diagnósticos de osteoartritis (OA) y un 82% presentarán cambios radiográficos en la rodilla. Estos datos llevan a la reflexión de que es necesaria una prevención primaria de esta lesión (23).

Existen numerosos factores de riesgo tanto intrínsecos como extrínsecos y, en el caso del LCA, además son muchos los mecanismos por los que puede lesionarse por lo que se deberán tener en cuenta todos en cuanto a la prevención de la lesión (22).

Alrededor del 70% de las lesiones del LCA son sin contacto y, hablando del fútbol, suelen ocurrir durante una combinación de desaceleración con cambio de dirección mientras el pie permanece apoyado en el suelo. Las lesiones por contacto suelen ocurrir por contusiones en la parte externa de la pierna que propician un valgo con rotación tibial externa o por una hiperextensión forzada, con el pie apoyado en el suelo (23).

2.4 Osteoartritis tras lesión del LCA

La lesión del LCA es altamente perjudicial para el cartílago de la rodilla ya que acelera su degeneración y provoca lo que se denomina osteoartritis en la mayoría de los casos (87%). Lo que la literatura dice es que el proceso de rLCA minimiza el riesgo de sufrir OA debido a que prontamente se restablece la función articular. Sin embargo hay varios estudios que sugieren que el proceso quirúrgico no tiene efectos sustanciales en cuanto a esta disminución del riesgo a padecer esta degeneración progresiva del cartílago. Además, un alto porcentaje de los casos de lesión del LCA se produce en deportistas jóvenes por lo que normalmente retornan a la actividad deportiva, lo cual suele incrementar el desarrollo de la OA (24–26).

Se coincide en el hecho de que la mejor forma de prevenir esta OA es prevenir la lesión del LCA y, obviamente si ya existe esa lesión minimizarla lo máximo posible y prevenir un nuevo caso de lesión de LCA (24–26).

Parece ser que la realización de ejercicios neuromusculares previenen la lesión del LCA y pueden ayudar a las consecuencias que esta lesión tiene en el cartílago (27). Hay un estudio que compara ejercicios pliométricos de alta y baja intensidad para comprobar cómo afecta esto a la OA dentro del proceso de rehabilitación del LCA. Sin embargo no se encontraron resultados significativos. En este sentido, es un hecho que futuros estudios deben enfocarse en esta degradación del cartílago de la rodilla (28).

2.5 Rehabilitación tras reconstrucción del LCA

El proceso de rehabilitación suele dividirse en 2 partes: la pre-operatoria y la post-operatoria. Anteriormente solía finalizar alrededor de 6 meses tras la intervención pero lo que la literatura sostiene ahora es que lo adecuado y de menor riesgo para el deportista es que el proceso dure entre 9 y 12 meses después de la reconstrucción. Esto es porque aunque aparentemente la sintomatología y signos clínicos sean favorables, parece ser que la biología del tejido no es la óptima en tan poco tiempo (29,30).

La fase preoperatoria suele durar unas 3 semanas y se considera sobre todo necesario conseguir todo el rango articular (ROM) en la extensión de rodilla, así como menos de un 20% de pérdida de fuerza del cuádriceps. Para ello se debe realizar una correcta educación del paciente, controlar la inflamación a través del protocolo RICE, trabajar la fuerza de cuádriceps en cadena cinética cerrada (CCC) en rangos de 0-90° y con ejercicios de flexión de cadera con extensión de rodilla junto a Electroestimulación (30,31).

La fase postoperatoria se divide a su vez en varias fases que suelen ser entre 3 y 4 dependiendo de los autores:

- Las primeras dos semanas se trata la inflamación y el dolor a través del protocolo RICE y empezando lo más pronto posible a realizar contracciones isométricas indoloras a partir del cuarto o quinto día y flexo-extensiones con apoyo sobre el talón a partir de la segunda semana. Las dos siguientes semanas se puede acompañar este trabajo junto con Electroestimulación y realizar movilizaciones de la rótula (30–32).

- De la segunda hasta la octava semana se debe conseguir prácticamente todo el ROM; se debe trabajar la fuerza de isquiotibiales; se empieza un trabajo de fortalecimiento muscular de cuádriceps, primero en CCC; trabajo de propiocepción y trabajo cardiovascular, primero en bicicleta sin carga y al final de esta etapa se empieza a caminar corrigiendo patrones de la marcha alterados (30–32).

- Las siguientes ocho semanas se debe seguir un plan de fortalecimiento muscular de isquiotibiales y tríceps sural en CCC y CCA y de cuádriceps en CCC, aunque algunos autores sugieren que la CCA se puede incluir a partir de las cuatro semanas si se realiza de 45-90°. Se debe realizar un trabajo cardiovascular con bicicleta estática y caminar en planos inclinados (hacia arriba porque no hay tanta tensión). También será muy importante continuar con el trabajo propioceptivo, así como el trabajo neuromuscular (30–32).

- A partir de la semana 12-14 más o menos, se puede empezar el trabajo en CCA del cuádriceps. Se podrá empezar a introducir también trabajo isocinético. Se debe seguir con el trabajo propioceptivo y empezar a correr de forma suave, progresando de cinta al propio campo de juego (30–32).

-Las siguientes 8-12 semanas (de la semana 16 a la 24) se empieza con lo que algunos autores denominan “readaptación” en la que se realiza un trabajo progresivo de resistencia y en la que se intentan restablecer por completo las habilidades motrices básicas. Se intentarán conseguir niveles óptimos de fuerza, velocidad y flexibilidad. Entre las semanas 14 y 16 es cuando empieza el trabajo pliométrico (33).

-La última etapa consta de un trabajo específico del deporte incluyendo ejercicios para ganar coordinación y trabajar los gestos deportivos. Lo que dicen los nuevos estudios es que esta última etapa deberá finalizar más cerca de los 12 meses que de los 6 (29). Incluso se está empezando a plantear la idea de alargar esta recuperación hasta los 2 años con el fin de evitar recidivas (34).

Se debe tener en cuenta la individualización del paciente y seguir unos correctos criterios para ir avanzando en las fases, más que seguir protocolos establecidos. La duración en semanas de las fases es aproximada ya que no sería correcto fijar una duración concreta dada la subjetividad y variedad entre cada persona.

2.6 Pliometría

El entrenamiento pliométrico consta de una serie de ejercicios explosivos de resistencia al propio peso del cuerpo aprovechando el ciclo estiramiento-acortamiento de las fibras musculares. El músculo almacena energía elástica cuando se estira y esta energía se traduce en un rápido acortamiento y, con ello, ejercer una alta cantidad de fuerza en un corto período de tiempo (35,36).

Este tipo de entrenamiento se suele utilizar para mejorar la potencia, fuerza, resistencia muscular, agilidad y velocidad (mejora el rendimiento en el sprint) y por tanto, el rendimiento en general debido a las mejoras en estas capacidades físicas (35–37).

Es por ello que este tipo de entrenamiento se incluye en deportes como el fútbol, en el cual la velocidad de reacción, agilidad y potencia son esenciales (38). Además es un tipo de entrenamiento a considerar en prevención, sobre todo a la hora de mejorar la mecánica de aterrizaje (35,39).

2.7 Entrenamiento en arena

Lo que dice la literatura sobre el ejercicio físico en la arena es que existe un mayor gasto energético y, sin embargo, un menor estímulo de impacto si se compara con lo que ocurre en otras superficies de entrenamiento habituales como la hierba debido a la cualidad de absorción de la arena (40–42). La fatiga, así como el fenómeno del DOMS, comúnmente conocido como agujetas, también son menores en esta superficie (40,43).

Por ello, se sugiere la incorporación del entrenamiento en arena para reducir cargas de entrenamiento en deportes como el fútbol y con ello prevenir la aparición de lesiones (40).

Otro punto interesante en la lesión del LCA es la interacción del pie con la superficie de contacto ya que algunos estudios sugieren que esta interacción interfiere de alguna manera en la tensión del ligamento. Las superficies que generan una mayor tracción causan un mayor riesgo de lesión, que suele generar en los deportistas adaptaciones biomecánicas que también son dañinas para éstos (44,45).

También están en estudio los beneficios de entrenar descalzo lo cual parece ser positivo en cuanto a la agilidad y estabilidad (46). El ejercicio físico en una superficie de arena es una opción que puede ofrecer menos tracción por lo que puede también resultar interesante en este aspecto.

Focalizando el entrenamiento pliométrico en este tipo de superficie son numerosos los ensayos que muestran estos mismos resultados al comparar este tipo de ejercicio en arena y en otras superficies más firmes.

En 2004, uno de los estudios de referencia en este tema, concluyó que la realización de ejercicios pliométricos en una superficie de arena, provocan menor daño muscular que cuando se realizan en una superficie firme con lo que se puede mejorar la condición aeróbica bajo un menor riesgo de que exista daño muscular (47).

Bien es sabido que cualquier ejercicio conlleva unas demandas en el organismo que dependerán del tipo y de la ejecución de este ejercicio. En los ejercicios que son muy intensos (como los pliométricos) sobre todo en los que se implica mucha fuerza excéntrica se produce una inflamación temporal que es necesaria para la adaptación y posterior mejora de las condiciones de los músculos ejercitados. Sin embargo, cuando se llega a un estado de fatiga, se producen daños sobre esta musculatura que provocan tanto un dolor post-ejercicio (DOMS) como alteraciones neuromusculares y de la biomecánica, que tendrán una mención aparte posteriormente. Si la fatiga es excesiva o se prolonga en el tiempo se producen cambios negativos en la fuerza y función muscular que se traducen en una disminución del rendimiento (48–51).

En 2014 son varios los ensayos que continuaron investigando sobre la influencia de la superficie de arena en la realización de ejercicios pliométricos. Se obtuvieron resultados como que en esta superficie se produce un aumento de la fuerza explosiva teniendo en cuenta unos menores valores de fatiga muscular (52). En este sentido otros autores obtuvieron menores valores del fenómeno del DOMS al realizar pliometría en arena (53).

Otros estudios más recientes también concluyen que existen menores valores en fatiga muscular y DOMS y sin embargo una mejora en la habilidad del salto, en el sprint y en el rendimiento en general, cuando se entrena en arena (54,55).

Estos artículos demuestran que el entrenamiento pliométrico en la arena debe ir introduciéndose debido a las mejoras en cuanto a rendimiento y el menor impacto sobre el sistema musculoesquelético que esta superficie refiere por lo que se sugiere incluirla dentro de los programas de rehabilitación y entrenamiento (56).

Es por ello que, basándose en los resultados de estos estudios, equipos de fútbol de máximo nivel como el F.C Barcelona están empezando a trabajar con este tipo de superficies (57).

Dry sand training: justification of its use (our personal experience)

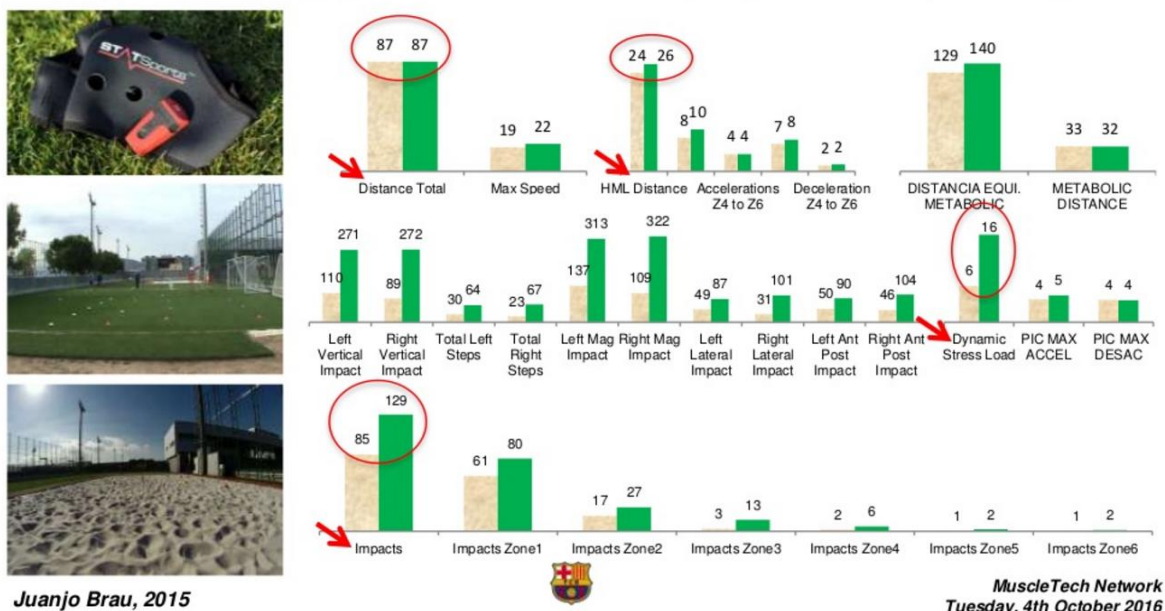


Fig.1 Estudio F.C Barcelona en arena (57)

2.8 Fatiga y alteraciones biomecánicas

Un tema importante en el estudio es la fatiga y cómo esta puede afectar a la recuperación del deportista. Ésta produce cambios en la actividad contráctil del músculo, en la fuerza de éste y por último y más importante cambios en el control neuromuscular y la biomecánica, los cuales juegan un papel muy importante en la lesión del LCA, por lo que deben tenerse en cuenta en la prevención de esta lesión, ya sea de forma primaria o secundaria (58,59).

Está estudiado que la propia lesión del LCA produce cambios en el patrón de movimientos y en la biomecánica de los miembros inferiores (60). Asimismo, son diversas las investigaciones que concluyen que la fatiga produce cambios en la biomecánica de las extremidades inferiores sobre todo influyendo en el ángulo de flexión y valgo de rodilla y en el ángulo de rotación interna de cadera con el fin de proteger estas estructuras (61).

Algunos trabajos concluyen en que la técnica de aterrizaje tras un salto se ve afectada, provocando así una disminución en la amortiguación de las fuerzas y con ello un aumento del riesgo de lesión (62).

Estas alteraciones biomecánicas en la rodilla y la cadera producidas por la fatiga significan un riesgo de relesión del LCA (30,61).

Diferentes ensayos apuntan que un control neuromuscular alterado en la rodilla y la cadera en la técnica de aterrizaje son predictores de una nueva lesión del LCA cuando un deportista retorne a la competición (63). Además otros autores comentan que un incremento en la rotación de cadera se traduce en un aumento de riesgo de ruptura de este ligamento (64).

En definitiva la fatiga provoca diversos cambios en la biomecánica y el control neuromuscular y tras ejercicios fatigantes como los pliométricos (recepciones de saltos) estos cambios se traducen en una menor rotación de cadera, una menor flexión de rodilla y un aumento del valgo. También se traducen en un aumento del impacto con el suelo y en que se aumente el tiempo de estabilización. Esto provoca un aumento del cizallamiento tibial en la rodilla con un consiguiente aumento de la tensión del LCA y con ello un aumento del riesgo de ruptura de éste (30,59).

2.9 Justificación del estudio

La lesión del LCA es una afectación muy severa y suele afectar a deportistas sobre todo que practican deportes como el fútbol, en los que hay giros y cambios de dirección a altas velocidades. Se ha visto que la mayoría de estos deportistas pasan por un proceso quirúrgico de reconstrucción del ligamento lesionado, lo que conlleva a una posterior rehabilitación (2,5,6).

Durante esta rehabilitación se considera necesaria la introducción de ejercicios pliométricos con el objetivo de mejorar las capacidades físicas (33,35). Además son una herramienta de prevención para esta lesión y son un tipo de entrenamiento fundamental para mejorar el rendimiento en el fútbol (36,38).

Además se ha visto que la realización de ejercicios en una superficie de arena proporciona algunas ventajas como un menor impacto sobre el sistema musculoesquelético, menores niveles de fatiga y daño muscular, menor DOMS, un aumento en el gasto metabólico y una menor tracción en la interacción del pie con la superficie (40–43).

Concretamente, en la realización de ejercicios pliométricos en arena es cuando estos resultados toman más peso por lo que realizar este tipo de ejercicios en esta superficie hace que exista una mejora en el rendimiento con menores riesgos de sufrir daño muscular o lesión (52,53,55).

En el mundo del deporte, el control de la fatiga se considera una de las claves dentro de la prevención de lesiones por lo que la literatura reciente sugiere que deben de haber estudios que aborden este tema (65). Incluso desde organizaciones como la IAFF se mencionan el descanso y la moderación de la fatiga como principios en la prevención de lesiones (66).

Como se ha comentado, la fatiga puede producir una serie de cambios en la biomecánica de las extremidades inferiores y por tanto producir una aumento del riesgo de lesión del LCA (30,59,61).

Todo esto hace que se planteen nuevos métodos de entrenamiento y rehabilitación que permitan trabajar con menor fatiga o moderarla y con ello obtener diferentes resultados que deberán ser objeto de estudio en los próximos años.

Por ello, podría resultar interesante observar cómo influye el hecho de realizar ejercicios pliométricos en una superficie de arena en el proceso de rehabilitación del LCA debido a que este tipo de ejercicios son necesarios pero a la vez fatigantes y la superficie de arena se ha visto que puede minimizar esta fatiga que se ha advertido que puede traer problemas.

Del mismo modo que se pueden corroborar los efectos de la arena sobre la fatiga y el impacto puede resultar de interés comprobar cómo afecta esta superficie a las recaídas de la lesión por menores alteraciones en la biomecánica o ver si el tiempo de recuperación total de la lesión se ve disminuido al poder entrenar la pliometría con menores niveles de fatiga al día siguiente.

3. Hipótesis

Tras este análisis sobre la lesión del LCA en futbolistas y los efectos de la arena en la realización de ejercicios pliométricos, la hipótesis que se plantea es la siguiente:

Dentro del programa de rehabilitación de la lesión del LCA en futbolistas, la realización de ejercicios pliométricos en una superficie de arena es más efectiva en cuanto a tiempo de recuperación y recidiva, que otras superficies más firmes.

4. Objetivos

Se plantean una serie de objetivos generales y específicos:

- Objetivo general:
 - Comprobar si la realización de ejercicios pliométricos en una superficie de arena dentro del programa de rehabilitación del LCA en futbolistas es más efectiva respecto a otras superficies más firmes.
- Objetivos específicos:
 - Evaluar el grado de fatiga/daño muscular tras la realización de ejercicios pliométricos en una superficie de arena dentro del programa de rehabilitación del LCA en futbolistas comparado con otras superficies más firmes.
 - Analizar la variación sobre el impacto en la rodilla tras el proceso de intervención de ejercicios pliométricos en una superficie de arena dentro del programa de rehabilitación del LCA en futbolistas comparado con otras superficies más firmes.
 - Determinar el tiempo de recuperación de la lesión del LCA en futbolistas tras la realización de ejercicios pliométricos, dentro del programa de rehabilitación, en una superficie de arena comparado con otras superficies más firmes.

- Valorar la recidiva tras la realización de ejercicios pliométricos en una superficie de arena dentro del programa de rehabilitación del LCA en futbolistas comparado con otras superficies más firmes.

5. Metodología

5.1 Diseño

Se trata de un estudio experimental con finalidades terapéuticas, longitudinal y prospectivo a modo de ensayo clínico aleatorizado (ECA) con simple ciego.

En este tipo de estudios el investigador estipula las condiciones de la investigación con el fin de evaluar la efectividad de una terapia respecto a otra. En este caso es el entrenamiento pliométrico en arena comparado con superficies más firmes (67,68).

Se denomina estudio experimental terapéutico o de prevención secundaria debido a que se realiza con pacientes que sufren una patología, que en este caso es la rotura del LCA, y en el que los procedimientos tienen como fin reducir los diferentes síntomas, evitar la recidiva o en casos extremos evitar el riesgo de muerte por dicha patología (68).

La investigación es de tipo ensayo clínico aleatorizado (ECA), es decir, en la posición más alta de la pirámide de la evidencia científica tras las revisiones sistemáticas. De momento no se ha realizado ninguna revisión sobre este tema puesto que no hay otros estudios que traten dicho tema de esta forma concreta. Este hecho, por tanto, hace que se esté ante un proyecto con gran rigor científico y que busca obtener una gran validez interna y externa para que sus resultados sean fiables y extrapolables (69).

Además el estudio es longitudinal ya que se analizan los resultados tras un largo periodo de seguimiento de los pacientes que se estudian y tiene un carácter prospectivo porque los procedimientos que se analizan son posteriores al inicio del estudio, los datos se van obteniendo durante el transcurso de la investigación y la inclusión de los pacientes se produce tras el momento en que se decide empezar el estudio (68).

Éste constará de un simple ciego debido a que por el tipo de intervención los profesionales encargados de realizar la intervención y los pacientes conocerán qué tipo de procedimiento están realizando.

Sin embargo, el encargado de realizar las mediciones, sí estará cegado y no conocerá a qué grupos pertenecen los pacientes evaluados.

La muestra inicial de pacientes se dividirá en dos grupos: Un grupo control (Grupo Superficie Firme) el cual realizará los ejercicios pliométricos sobre un terreno de hierba y un grupo experimental (Grupo Superficie Arena) en el cual la pliometría se realizará en la arena. Tras las mediciones oportunas se analizarán algunos resultados tanto a corto plazo (cada día de intervención) como a largo plazo (tras un tiempo posteriormente a la recuperación del paciente).

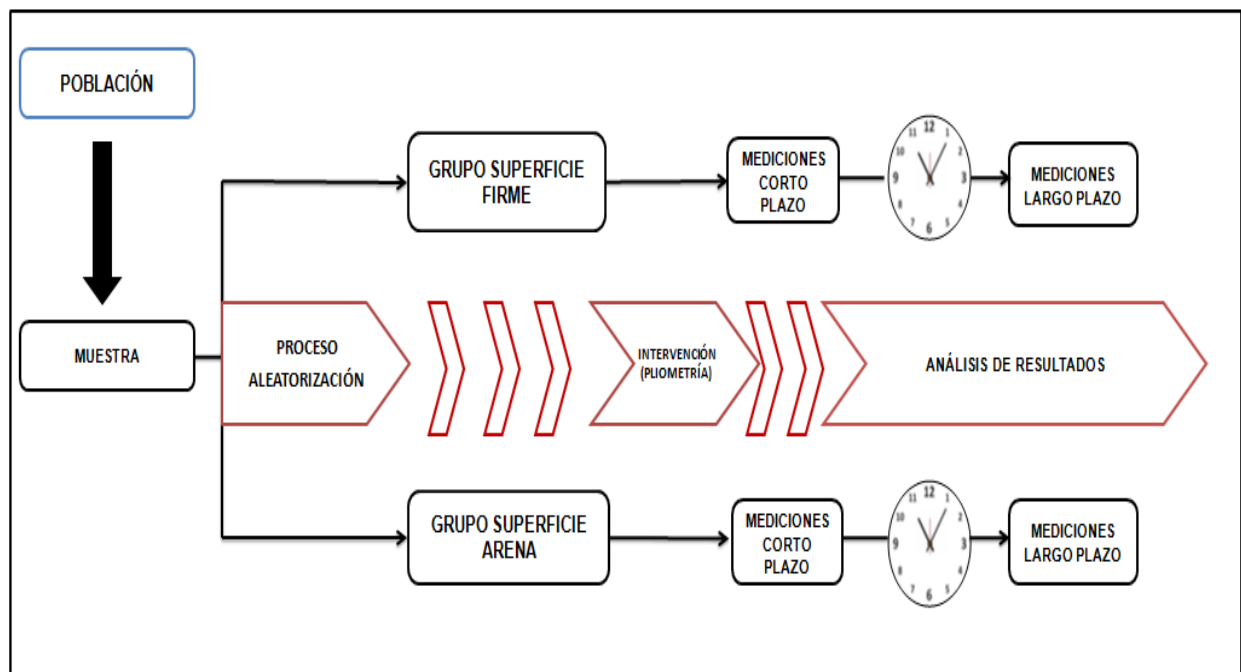


Fig. 2 Distribución de la muestra

La aleatoriedad de los sujetos de estudio, que en este caso son pacientes intervenidos del LCA, aporta mayor validez al estudio ya que permite una mayor equidad a la hora de analizar los resultados entre los diferentes grupos que se comparan (70).

Esta randomización se realizará una vez se haya obtenido la muestra de la población de estudio y estos pacientes hayan cumplido los requisitos acerca de los criterios de inclusión y exclusión. Se realizará a través del programa informático “Random.xls” creado a través de Excel, quedando dos grupos del mismo número de sujetos para que así los resultados puedan ser significativos si se cumple la hipótesis planteada en el inicio del estudio. Este proceso lo realizarán los profesionales que llevarán a cabo las intervenciones.

5.2 Sujetos de estudio

Para determinar los sujetos que van a participar en el estudio, primero es necesario concretar la población diana. Esta población diana la conforman futbolistas lesionados e intervenidos del LCA, que juegan en equipos de territorios de habla catalana, de ligas profesionales y semi-profesionales y que cumplan los criterios de inclusión y exclusión que posteriormente se explicarán. Entendiendo por equipos profesionales aquellos de Primera División y Segunda División de España. Y como equipos semi-profesionales aquellos que practican el fútbol en la Segunda División B y Tercera División de España. No debe confundirse la categoría de los equipos con las de los jugadores ya que algunos jugadores de las ligas semi-profesionales tienen licencias federativas profesionales debido a sus contratos. Debe decirse también que se han elegido equipos de territorios de habla catalana (Cataluña, Comunidad Valenciana e Islas Baleares) debido a que en algunas ligas como en la Tercera División y la Segunda División B se encuentran agrupados en un mismo grupo (71).

Todos los jugadores de estas ligas hacen un total de 1558 jugadores (88 jugadores de Primera División, 167 de Segunda División, 702 de Segunda División B y 601 jugadores de Tercera División). Teniendo en cuenta que la incidencia de lesiones cada año es aproximadamente de un 3% en futbolistas, la población diana la conforman aproximadamente 47 sujetos (15).

Como este proyecto de investigación pretender realizar inferencias estadísticas a una población a partir de una muestra, se debe calcular esta muestra. Para determinar el número muestral necesario se utilizará una fórmula.

Con un intervalo de confianza (IC) del 95% y asumiendo así un margen de error del 5% al aceptar la hipótesis del estudio, se calculará una muestra necesaria para poder extrapolar los resultados. Además se establecerá una precisión o error al aceptar la hipótesis del 3% y unos valores de variabilidad del 5% de proporción esperada (p) que agranda la muestra (72).

Fórmula:

$$n = \frac{N \times Z_{\infty}^2 \times p \times q}{d^2 \times (N - 1) + Z_{\infty}^2 \times p \times q}$$

Componentes de la fórmula:

N=Total de la población=47

Z_{∞}^2 = Coeficiente del nivel de confianza=1'96² (IC=95%)

p=proporción esperada= 5%=0.05

q=1 – p=1-0'05= 0.95

d= precisión=3%=0'03

Cálculo:

$$n = \frac{47 \times 1'96^2 \times 0'05 \times 0'95}{0'03^2 \times 46 + 1'96^2 \times 0'05 \times 0'95} = 38'3 \approx 38$$

Además, para tener en cuenta las posibles pérdidas de sujetos en el estudio se debe incrementar el tamaño muestral respecto a esas pérdidas (nAP) con otra fórmula (72):

$$nAP = n \times \left(\frac{1}{1 - R} \right)$$

Componentes de la fórmula:

n= tamaño muestral=38

R=proporción esperada de pérdidas=15%=0'15

Cálculo:

$$nAP = 38 \times (1 / (1 - 0.15)) = 44.7 \approx 45$$

Por tanto la muestra final del estudio la conformarán 45 sujetos que se dividirán aleatoriamente, como se ha explicado anteriormente, en 2 grupos: un grupo control (Grupo Superficie Firme) de 22 sujetos y un grupo experimental (Grupo Superficie Arena) de 23 sujetos.

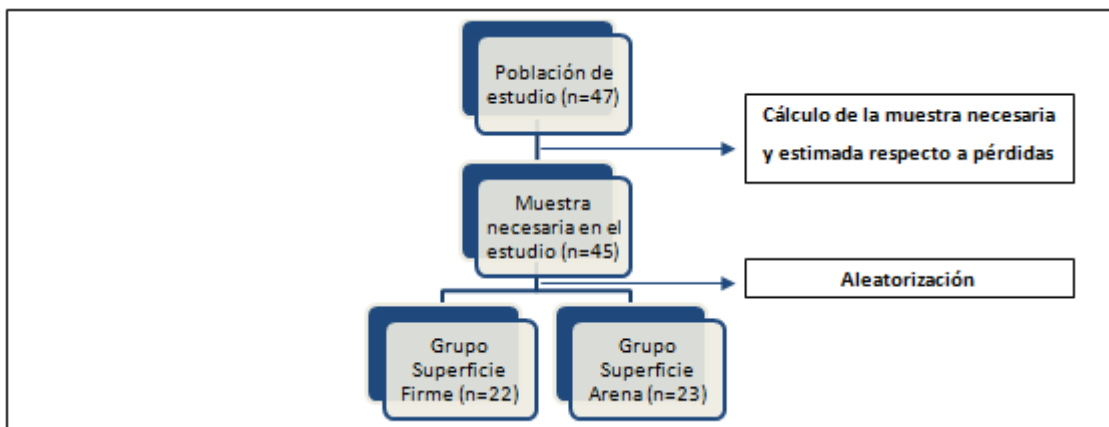


Fig. 3 Distribución de los grupos

Para obtener esta muestra los sujetos deberán pasar por unos criterios de inclusión y exclusión (28,73):

-Criterios de inclusión

- Futbolistas lesionados e intervenidos del LCA.
- Pertenecentes a equipos catalanoparlantes de ligas Profesionales y Semi-profesionales de España.
- Pacientes que estén dispuestos a desplazarse para la realización del estudio.
- Pacientes con al menos 3 meses de evolución post intervención quirúrgica.
- Extensión de rodilla completa o igual respecto a la pierna sana.
- Flexión de rodilla igual o por debajo del 5% de diferencia respecto a la pierna sana.

-Dolor inexistente o por debajo del 20% en la escala EVA en las actividades de la vida diaria (AVD).

-Índice de fuerza de cuádriceps del 80% respecto a la pierna contraria.

-Sujetos que estén de acuerdo en la intervención que se les va a realizar.

-Sujetos que hayan firmado la hoja de consentimiento informado (*Anexo 1*).

-Criterios de exclusión

-Pacientes con lesiones, meniscales o de otros ligamentos, añadidas.

-Pacientes con lesiones en las dos rodillas

-Alérgicos a la arena.

-Pacientes que no quieran continuar con su carrera futbolística.

-Lesionados anteriormente del LCA (que no sea la primera lesión del LCA).

-Participantes en otros estudios o que reciban otras intervenciones.

Estos criterios serán evaluados en el Laboratorio de Valoración Funcional del Instituto Nacional de Educación Física de Cataluña (INEFC) de Lleida, el cual colabora con el estudio. Una vez que cada sujeto cumpla con todos los criterios empezará la intervención en estas mismas instalaciones del INEFC Lleida que cuentan con diferentes superficies, como un terreno de césped y uno de arena, que son necesarias para la realización del estudio (74).

5.3 Variables del estudio

Todas las mediciones susceptibles de realizarse sobre los sujetos de estudio se producen en torno a diferentes variables, las cuales se miden a través de diferentes escalas o métodos de medida. Estas variables pueden clasificarse en distintos grupos dependiendo de su función.

Algunas se utilizan para definir el perfil de la muestra (Variables clínicas) y otras para dar respuesta a la hipótesis planteada (Variables de estudio). Dentro de las Variables de estudio podemos encontrar aquellas que han sido establecidas por el investigador y que son la causa de que se cumplan los objetivos del estudio (Variables independientes) y aquellas que son el efecto producido en los sujetos para que se cumpla la hipótesis (Variables dependientes).

Además todas ellas pueden clasificarse en Variables cuantitativas si se miden en datos numéricos o en Variables cualitativas si no se miden en datos numéricos sino en torno a una cualidad de esa variable.

Teniendo en cuenta las distintas posibilidades, las variables con las que cuenta el estudio son las siguientes:

-Variables clínicas: *Edad y categoría futbolística*.

-Variables de estudio independientes: *Intervención en hierba e intervención en arena*.

-Variables de estudio dependientes: *fatiga, impacto, tiempo de recuperación y recidiva*.

Como se ha comentado, las variables que determinan si se consiguen los objetivos del estudio y por tanto que pueda aceptarse la hipótesis son las variables de estudio dependientes, las cuales precisan ser detalladas.

5.3.1 Fatiga

Se pretende evaluar la fatiga de los sujetos y poder observar si ésta puede ser el factor clave en la investigación. Como la fatiga es una variable compleja de analizar, se medirán varios parámetros tras cada intervención, salvo las analíticas que se realizarán 24 horas más tarde.

A) Niveles de Creatina Quinasa (CK)

El ejercicio demasiado intenso daña la estructura celular del músculo a nivel del sarcolema y discos-Z y, como resultado, se aumentan los niveles de CK y la actividad de este enzima en suero (75).

Siguiendo con lo que se realiza en otros estudios se realizará una extracción de sangre de la vena antecubital, depositando unos 10ml. en unos tubos de ensayo (55). Estos tubos serán recogidos y analizados por el equipo del laboratorio clínico ICS del Hospital Arnau de Vilanova de Lleida, que colabora con el estudio (76).

Este tipo de analíticas han sido utilizadas ampliamente en la literatura científica para comprobar el aumento de actividad de CK tras la realización de ejercicios pliométricos (55,77).

B) Máxima contracción isométrica voluntaria del músculo cuádriceps (MIVC)

La contracción isométrica será medida a través de una máquina isocinética 'Biodex System 4 Pro™' (78). Ésta en concreto ha sido validada por algunos estudios que acreditan su utilización en investigación en el mundo del deporte (79,80).

Se utilizará el modo isométrico de la máquina y tras la correcta posición del paciente (bien sentado y sujeto) se realizarán varias contracciones isométricas. Los datos se almacenarán en un software propio de la marca 'Biodex Advantage Software' (78).

Este parámetro ha sido medido en varios estudios similares basándose en la idea de otras investigaciones que corroboran que ejercicios fatigantes y sobre todo aquellos con altos componentes excéntricos influyen en la máxima contracción isométrica voluntaria (55,81).



Fig. 4 Biodex System 4 Pro™. Extraída de la web Biodex (78)

C) Dolor muscular

La evaluación del dolor muscular se realizará midiendo el fenómeno de DOMS con una escala visual analógica (EVA) tal como se realiza en algunas investigaciones que cuentan con este parámetro. Cada sujeto, con las manos en las caderas, realizará una sentadilla hasta flexionar 90° las rodillas y deberá puntuar el dolor que siente en los extensores de rodilla del 1 al 10 (1-3 dolor leve, 3-7 dolor moderado, 7-9 dolor severo y 10 dolor insoportable) (55).

Además, teniendo en cuenta las mediciones que se realizan en proyectos similares se medirá el dolor muscular a través de una 'Escala Likert de 7 puntos' (54,56). La mayoría de estudios de este tipo utilizan la escala descrita por Vickers et al. 2001 (82).

Likert scale of muscle soreness from Vickers	
0	A complete absence of soreness
1	A light pain felt only when touched/a vague ache
2	A moderate pain felt only when touched/a slight persistent pain
3	A light pain when walking up or down stairs
4	A light pain when walking on a flat surface/painful
5	A moderate pain, stiffness, or weakness when walking/very painful
6	A severe pain that limits my ability to move

Fig. 5 Escala Likert de 7 puntos. Extraída de Vickers et al. 2001 (82)

D) Rango de movimiento en la flexión de rodilla (KROM)

El KROM es un parámetro más que se ve alterado cuando aparece fatiga y es por ello que suele medirse en estudios semejantes a este (55).

Las mediciones se realizarán a través de una aplicación móvil 'Knee Goniometer App Ockendon© (KGA)'. Los participantes deben colocarse en decúbito supino y flexionar las rodillas al máximo sin realizar compensaciones. El móvil se colocará en la parte antero-inferior de la tibia y con la pantalla hacia arriba una vez se haya pulsado el botón 'Set' y luego se anotarán los datos calculados por la aplicación.

La utilización de las nuevas tecnologías para este tipo de mediciones es cada vez más común sobre todo por su comodidad en el manejo. Además hay estudios que avalan su empleo, como en el caso de esta aplicación descargable en cualquier teléfono Iphone© (83).



Fig. 6 Knee Goniometer App. Extraída de la web de TopOrthoApps (84)

5.3.2 Impacto

El hecho de que en arena existe un menor impacto por las cualidades de absorción de esta superficie está ya estudiado (40). Sin embargo, no se ha evaluado si el hecho de ejercitarse en esta superficie repercute en la manera en que posteriormente se absorberán las fuerzas en otras superficies como la hierba. Esto podría explicarse, por ejemplo, porque los patrones biomecánicos no se ven tan alterados. Por ello se propone estudiar si existen cambios entre cómo los sujetos reciben el impacto al principio y al final de la intervención.

Para ello se medirá este impacto tanto al principio como al final en la superficie en que los sujetos realizan su deporte habitualmente, es decir, en hierba. El grupo control realizará la intervención en esta misma superficie, por lo que no se esperan cambios en esta variable. Sin embargo, el grupo experimental, que lo hará en arena, es en el que se podrían observar más cambios. Durante la intervención también se irán registrando los datos del impacto diarios y de esta forma corroborar que en la superficie de arena se produce menos impacto.

Para evaluar el impacto se utilizarán unos chalecos de entrenamiento bastante utilizados últimamente en el mundo del deporte que llevan incorporados sistemas GPS. El uso de este tipo de herramientas en la monitorización de deportistas está siendo estudiado mucho en los últimos tiempos y existen estudios que avalan su utilización (85–87). Además algunos estudios han encontrado en este tipo de aparatos una herramienta de prevención muy útil (88).

En este estudio se utilizará el Sistema Viper de la marca STATSports®. En concreto se emplearán el GPS 'Viper Pod', los chalecos 'Viper Vest' y las antenas 'Mobile Antena' que se colocarán en las esquinas del terreno de juego (89).

El 'Viper Pod' es la unidad multi-sensor que se adapta ergonómicamente al cuerpo de los deportistas cuando se coloca en las diferentes prendas de entrenamiento diseñadas para ello. Cada uno cuenta con cuatro procesadores, GPS de última generación, acelerómetro 3-D, giroscopio 3-D, brújula digital 3-D, radio de largo alcance y receptor de ritmo cardíaco. Estos componentes registran datos a 100 Hz y transmiten datos a 50 Hz. Es el único sistema del mercado que proporciona datos GPS a 10 Hz a tiempo real. Estos datos se transmiten a tiempo real al software 'Viper Live Streaming' y también registra los datos para su posterior descarga(89).



Fig. 7 'Viper Pod'. Extraída de la web STATSports(89)

Los chalecos 'Viper Vest' son unos chalecos de entrenamiento diseñados para poder colocar los sensores en la parte postero-superior (89).



Fig. 8 Chalecos 'Viper Vest'. Extraída de la web STATSports(89)

Las antenas 'Mobile Antena' se utilizan para poder transmitir los datos a tiempo real y se colocan en las esquinas de la superficie donde entrenan los jugadores (89).



Fig. 9 'Mobile Antena'. Extraída de la web STATports (89)

Entre todos los datos que se registran en el software, el parámetro que nos interesa es el de la carga dinámica de estrés (Dynamic Stress Load o DLS) que es un total de los impactos ponderados (carga externa) que el jugador experimenta durante la sesión que se evalúa.

En cuanto a la validación de esta marca, ya hay algunos estudios que avalan su utilización (90). Además es la marca líder a nivel mundial y sobre todo está premiada la ergonomía de su tecnología. Por ello es la marca escogida por equipos de la Premier League, NFL, NBA o La Liga Española.

5.3.3 Tiempo de recuperación

El tiempo de recuperación será medido en días desde la intervención quirúrgica hasta que los pacientes cumplan con los criterios necesarios para volver a entrenar con el equipo (RTS). Estos criterios se irán evaluando a lo largo del proyecto y son los siguientes(91–95):

-Menos del 10% de diferencia en la distancia entre miembros inferiores en el 'Test de salto sencillo'. Este test (validado en el estudio de Reid et al, 2007) mide la diferencia en cuanto a distancia al realizar un salto en línea recta sobre una pierna.

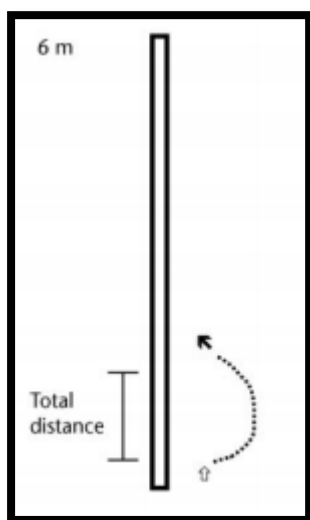


Fig. 10 Test de salto sencillo. Extraída de Reid et al, 2007 (93)

-Menos del 10% de diferencia entre piernas en el 'Test de triple salto cruzado'. Este test (validado en el estudio de Reid et al, 2007) mide la diferencia en cuanto a distancia al realizar tres saltos cruzados a una pierna.

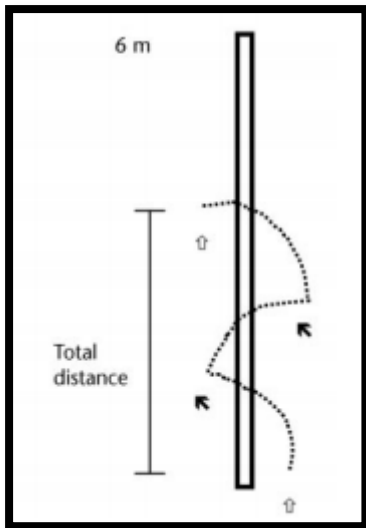


Fig. 11 Test de triple salto cruzado. Extraída de Reid et al, 2007(93)

-Conseguir menos de 3 errores en el ‘Sistema de puntuación del error de aterrizaje modificado’. El test (validado por Padua et al, 2009) consiste en saltar desde una caja de 30 cm. de altura hasta el suelo a una distancia de 15 cm. de la caja y desde allí inmediatamente realizar un salto vertical todo lo alto posible. El test consiste en observar desde diferentes ángulos de visión los diferentes errores en los patrones biomecánicos tales como excesiva flexión de cadera o rodilla, valgo de rodilla, posición de pies, etc.



Fig. 12 Sistema de puntuación de error de aterrizaje modificado. Extraída de Padua et al, 2009 (94)

-Realizar 1RM a una pierna en una prensa de piernas con un peso de $1'8 \times$ peso del sujeto+ peso del sujeto.

-Menos del 10% de diferencia entre miembros inferiores en la fuerza de cuádriceps.

-Menos del 5% de diferencia en el 'Star Excursion Balance Test'. Este test (validado por Gribble et al, 2009) mide la media de distancias obtenidas al llevar el pie en las diferentes direcciones del espacio manteniendo el otro pie fijo y semi-flexionado en el centro.

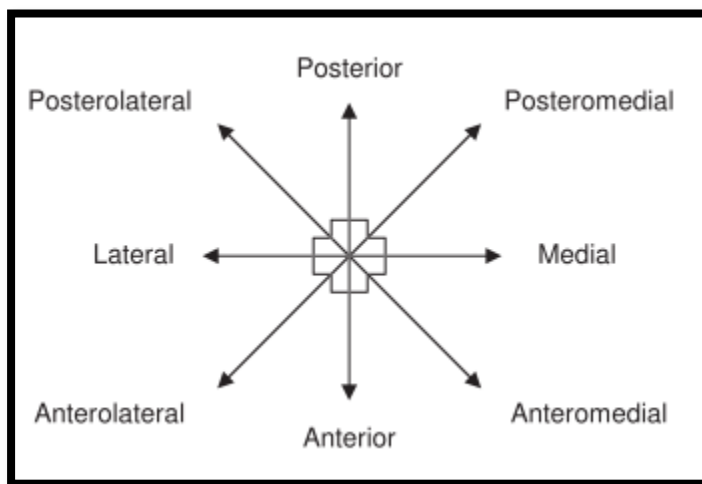


Fig. 13 Star Excursion Balance Test. Extraída de Gribble et al, 2009 (95)

Después los sujetos deberán pasar por un período de reentrenamiento para poder volver a la competición (RTC). Cada sujeto realizará el reentrenamiento en sus respectivos equipos y estos equipos deberán informar cuando los jugadores sean aptos para competir para poder realizar así un seguimiento de nuevas lesiones. Se les sugerirá a los equipos que evalúen diferentes criterios basados en la evidencia a la hora de considerar que los jugadores pueden volver a competir. Para ello se les ofrecerá una guía con distintas indicaciones y parámetros que deberán evaluar. Esta guía será la 'ACL Rehabilitation Guide' (91) creada según la evidencia científica.

5.3.4 Recidiva

La recidiva se valorará desde el momento en que cada sujeto sea apto para competir hasta un año más tarde. Para ello, los equipos con sujetos estudiados deberán aceptar un acuerdo dentro del consentimiento informado en el que se les pedirá un seguimiento a lo largo de este año para informar sobre el estado de estos jugadores. Se considerará como recidiva cualquier lesión del LCA en ambas extremidades y también se observará la patología meniscal.

Las investigaciones sobre la recidiva en la lesión LCA establecen que es en los dos primeros años desde la intervención quirúrgica cuando mayor riesgo existe de una nueva lesión de este ligamento. Como se ha comentado, la incidencia de re-lesiones puede llegar a cifras de entre el 10-30% y se coincide en la idea de que el hecho de haber sufrido esta lesión aumenta en torno a un 40% el riesgo de volver a sufrirla respecto a los que nunca la han sufrido (6–8).

Es por ello que se ha decidido evaluar aproximadamente estos 2 años en el presente estudio (tiempo de recuperación más un año posterior a la recuperación).

Las variables, por tanto, podrían resumirse en la siguiente tabla:

VARIABLE	FUNCIÓN	TIPO	TIPO SEGÚN MEDIDA	ESCALA MEDIDA
Edad	Variable clínica		Variable cuantitativa	
Categoría futbolística	Variable clínica		Variable cualitativa	
Pliometría en hierba	Variable de estudio	Variable independiente	Variable cualitativa	
Pliometría en arena	Variable de estudio	Variable independiente	Variable cualitativa	
Fatiga				

<i>CK</i>	Variables de estudio	Variables dependientes	Variable cuantitativa	Análisis de sangre
<i>Dolor muscular</i>			Variable cuantitativa	DOMS (EVA) + Escala Likert
<i>MIVC</i>			Variable cuantitativa	Dinamómetro isocinético
<i>KROM</i>			Variable cuantitativa	Aplicación móvil
<i>Impacto</i>	Variable de estudio	Variable dependiente	Variable cuantitativa	Chalecos con GPS
<i>Tiempo de recuperación</i>	Variable de estudio	Variable dependiente	Variable cuantitativa	Días ACLR-RTS
<i>Recidiva</i>	Variable de estudio	Variable dependiente	Variable cualitativa	Seguimiento RTC-1 año

Tabla 1: Variables del estudio

5.4 Manejo de la información/recogida de datos

Previamente al inicio del estudio el evaluador o investigador principal será el encargado de verificar que los sujetos cumplen con los criterios de inclusión y exclusión y que por tanto éstos puedan ser partícipes de la investigación. Los datos serán almacenados en una carpeta cifrada para garantizar que se cumple la ley de protección de datos y se realizarán copias de seguridad también cifradas para garantizar la calidad del manejo de los datos.

Un fisioterapeuta con amplios conocimientos en readaptación deportiva se encargará de llevar a cabo las intervenciones. Será ayudado de un preparador físico (CAFyD) para realizar esta tarea y planificar las intervenciones.

Tras estas intervenciones, otro fisioterapeuta, que desconocerá qué intervención ha realizado cada sujeto, se encargará de realizar y recoger las distintas mediciones en una base de datos con formato Excel que se guardará en la carpeta cifrada.

Las mediciones que se realizarán tras cada intervención serán las de dolor muscular, KROM, MIVC e impacto mediante los procedimientos explicados anteriormente. Tanto los datos sobre la MIVC y el impacto estarán primeramente recogidos en sus respectivos software y deberán ser trasladados a la base de datos del estudio.

Mención aparte requiere la medición de la actividad de CK, ya que un enfermero será el encargado de realizar la extracción de sangre, cada día posterior a la intervención y de enviar las muestras al laboratorio del Hospital Arnau de Vilanova de Lleida. Cuando se obtengan los resultados de las muestras serán almacenados en la base de datos por el evaluador.

El tiempo de recuperación será registrado por el fisioterapeuta que realiza las mediciones cuando los sujetos se encuentren recuperados. El seguimiento de los sujetos será notificado desde los diferentes equipos a éste, el cual registrará la información en la misma base de datos.

Todos los datos serán enviados a un estadístico vinculado a la Facultad de Enfermería y Fisioterapia de la Universitat de Lleida que, mediante el programa SPSS, realizará los diferentes análisis del estudio en un aula informática de dicha facultad. Estos resultados serán almacenados en la carpeta cifrada a la que sólo tendrá acceso el investigador principal que los interpretará para extraer las conclusiones del estudio.

5.5 Generalización y aplicabilidad

Tras realizar un análisis de los datos recopilados a lo largo del estudio se podrán extraer una serie de conclusiones. Si las conclusiones de la investigación son positivas querrá decir que se han cumplido los objetivos y, por tanto, la hipótesis. Es decir, que el hecho de realizar la pliometría en la superficie de arena repercute en la recuperación y previene la recidiva de la lesión del LCA.

Teniendo en cuenta que la muestra es representativa (respecto al número de futbolistas totales que sufren esta lesión) y la inferencia estadística, si los resultados son favorables se podrán extrapolar al mundo del fútbol en el ámbito de la prevención.

El proyecto trata de analizar que la intervención propuesta es un método a utilizar en prevención secundaria. Esto es porque realizar estudios sobre prevención primaria no es tarea fácil por la multitud de aspectos que se deben tener en cuenta y que pueden influir. Sin embargo, unos resultados positivos en este estudio pueden justificar la utilización propuesta en el estudio como método de prevención primaria, que es el objetivo principal en la lesión del LCA por su severidad y las consecuencias para el deportista a largo plazo que ella supone.

Una de estas consecuencias es la OA de rodilla que a largo plazo se ha visto altamente aumentada en aquellos que sufrieron esta lesión. Recientemente se ha realizado un estudio comparativo entre pliometría de alta intensidad y pliometría de baja intensidad para observar si esto influye en la degeneración del cartílago. Los resultados del estudio no son significativos, quizás porque este tema depende de muchos factores y no sólo de la intensidad del ejercicio (28). Pero continuando con este proyecto de investigación podría observarse si la inclusión de la arena (sería la pliometría de baja intensidad) puede hacer que los resultados sean más significativos.

Por tanto, y aunque se deberían realizar más estudios concretos en otros deportes aparte del fútbol, lo que la investigación pretende es implementar el uso de la superficie de arena en el mundo deportivo. La carga de entrenamiento muchas veces es demasiada para los deportistas lo que conlleva a un riesgo alto de lesión. Además, más carga no significa mejor rendimiento sino a veces puede ser más bien al contrario (96). Poder alternar sesiones de entrenamiento en superficies que castiguen menos al sistema musculoesquelético podrá disminuir el riesgo de lesión y ayudar a aumentar el rendimiento del equipo.

5.6 Análisis estadístico

Como se ha comentado, el análisis estadístico de los datos será realizado por un estadístico externo al estudio a través del programa informático SPSS para posteriormente enviar los resultados al investigador principal. Estos resultados que extraerá el estadístico estarán divididos en varias partes según los diferentes análisis que realizará.

Habrà una estadística descriptiva, a través de un análisis univariante, de cada variable a través de tablas de frecuencia, índices de dispersión y representaciones gráficas que permitirán ordenar y describir la información que se ha recopilado sobre la muestra del estudio.

También, a través de análisis bivalente (estudio de las variables dos a dos) que comparará y permitirá establecer relaciones entre variables:

- Cuantitativas como podrían ser el KROM y la MVIC, a través de Coeficiente de correlación de Pearson.

- Cualitativas como podrían ser la pliometría en arena y la recidiva, a través del coeficiente de Chi-Cuadrado.

- Cuantitativa y cualitativa como podrían ser el impacto y la pliometría en hierba respectivamente, a través de una T-Student.

Por otro lado se podrá realizar inferencia estadística de los datos recopilados para poder extrapolar esa información a la población de la que viene la muestra y además hacerlo con un intervalo de confianza (95% en este caso). La parte que más interesa de este análisis estadístico es la inferencia estadística con contraste de hipótesis ya que en esta parte se podrán corroborar o refutar las hipótesis de la investigación con un grado de confianza y establecer si los resultados son o no significativos. Para ello se produce también una comparación entre variables de forma similar a la anterior explicada.

Una vez se hayan realizado todos los cálculos oportunos se almacenarán los datos en la carpeta cifrada para que el investigador pueda extraer conclusiones del estudio.

5.7 Plan de intervención

Este proyecto no está planteado para realizarse con todos los sujetos a la vez por la dificultad de obtener la muestra necesaria a la vez. Una vez cada sujeto sea considerado apto para el estudio y pase por el proceso aleatorio empezará con la intervención. La intervención será la misma para los dos grupos, el experimental y el control. Lo único que cambiará será el terreno donde se realizará esta intervención que ahora se detallará. El grupo experimental lo hará en arena y el grupo control en hierba. La duración aproximada de esta intervención será de unas 6-7 semanas.

Cada intervención se realizará cada día y dirigida por un fisioterapeuta ayudado de un preparador físico que serán reunidos antes de empezar el estudio para conocer y preparar las intervenciones. La evidencia sugiere que debe haber un reposo mínimo de 48 horas entre ejercicios pliométricos debido a sus efectos fatigantes (97). Sin embargo, como la fatiga es un parámetro importante en el estudio, los días que no se realicen pliométricos, se realizará una sesión de carrera continua teniendo en cuenta los dos terrenos de entrenamiento para cada grupo. Es por ello, y porque interesa realizar mediciones cada día, que habrá intervención casi cada día. Por tanto habrá 3 días de pliometría, 3 de carrera continua y ejercicios técnico-tácticos y 1 de descanso cada semana hasta que cada sujeto cumpla con los criterios necesarios, anteriormente expuestos, para volver a los entrenamientos.

Cada sesión de pliometría estará dividida en calentamiento, parte principal y vuelta a la calma y la progresión de cada sujeto en su recuperación, comportará también una progresión en la parte principal de las sesiones. Cada día antes de empezar, el preparador físico colocará los chalecos con GPS a los sujetos y junto con el fisioterapeuta prepararán y explicarán la sesión del día a este sujeto.

El calentamiento, que durará alrededor de 10 minutos, consistirá en trote suave para familiarizarse con el terreno y activar la musculatura acompañado de movilidad articular de las diferentes estructuras del sistema musculoesquelético.

La parte principal será la parte propiamente dicha de pliometría y en cada sesión se realizarán varias series de distintos tipos de saltos que variarán en carga e intensidad con el paso de los días. Esta parte principal durará entre 30 y 40 minutos

y en todo momento se hará mención y correcciones sobre la correcta ejecución de los saltos, tratando de evitar en todo momento el valgo de rodilla.

Ejercicios pliométricos a realizar (28,97,98):

-Los ejercicios de las primeras sesiones serán los siguientes y se empezará con 3 series de 10 repeticiones de cada ejercicio:

- “Skipping” por escalerillas
- Saltos de cuclillas
- Saltos hacia los lados
- Saltos verticales en el mismo sitio
- Avanzar en zancadas
- Subir a una caja a una pierna sin saltar y luego impulsarse hacia arriba



Fig. 14 “Skipping” por escalerillas

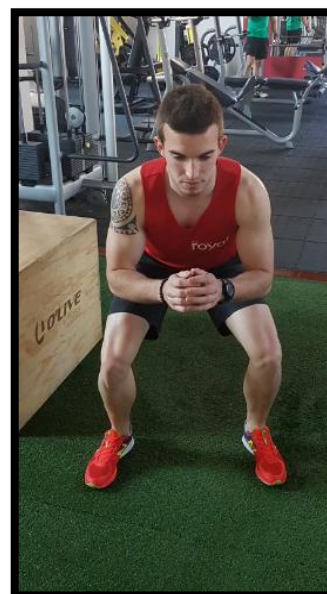


Fig. 15. Saltos de cuclillas



Fig. 16 Avanzar en zancadas



Fig. 17 Saltos verticales en el mismo sitio



Fig. 18. Saltos hacia los lados



Fig. 19 Subir a una caja a una pierna sin saltar y luego impulsarse hacia arriba

-Conforme los sujetos avancen en su recuperación se progresará aumentando de 10 a 15 repeticiones.

-Cuando el sujeto esté en sus últimas semanas de recuperación se realizarán ejercicios más intensos. Los primeros días con 3 series de 10 repeticiones y más adelante aumentando de 3 a 4 series. Éstos serán los siguientes:

- Saltar y chocar la mano al fisioterapeuta
- Saltos hacia adelante y hacia atrás con pies juntos
- Saltar tirando las rodillas al pecho
- Saltar a una caja
- Saltar a una caja de lado
- Saltar de un lado a otro de una caja apoyando siempre un pie en la caja



Fig. 20 Saltar y chocar la mano



Fig. 21 Saltos adelante y atrás



Fig. 22 Saltar tirando las rodillas hacia el pecho



Fig. 23 Saltar a una caja



Fig. 24 Saltar a una caja de lado



Fig. 25 Saltar de un lado a otro de una caja apoyando siempre un pie en la caja

-Los últimos días en los que los sujetos ya se encuentren prácticamente a punto se combinarán varios ejercicios de máxima intensidad junto con cortos sprints en línea recta.

Estos ejercicios que deberán realizarse en 2 series de 10 repeticiones serán los siguientes:

- Saltos desde una caja
 - Dejarse caer desde una caja y saltar hacia arriba
 - Saltos a una pierna en el mismo sitio
 - Saltos tirando las rodillas hacia el pecho a una pierna
 - Saltar de una caja al suelo y seguidamente a otra caja
 - Dejarse caer desde una caja y saltar hacia arriba a una pierna
- Debe tenerse en cuenta que durante todo el proceso se realizarán descansos de 30 segundos entre series y de 60 segundos entre ejercicios.



Fig. 26 Saltos desde una caja



Fig. 27 Dejarse caer desde una caja y saltar hacia arriba



Fig. 28 Saltos a una pierna



Fig. 29 Saltos tirando las rodillas hacia el pecho a una pierna

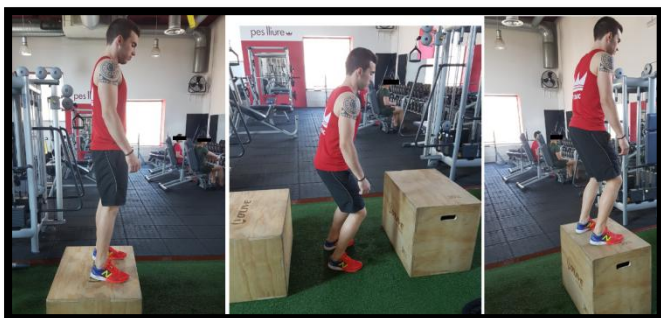


Fig. 30 Saltar de una caja al suelo y seguidamente a otra caja



Fig. 31 Dejarse caer desde una caja y saltar hacia arriba a una pierna

Por último la vuelta a la calma consistirá en unos estiramientos, incidiendo sobre todo en los miembros inferiores. Se realizarán 2 series de 20-30 segundos por grupo muscular ya que no se buscará un efecto plástico sino prevenir futuras lesiones.

El resto de días, que no se realizará la pliometría, consistirán en un trote suave de 10 minutos junto con movilidad articular para calentar y se aumentará la intensidad del ejercicio progresivamente hasta el 70% de la capacidad de cada sujeto. Esta parte más intensa durará unos 10 minutos y posteriormente se realizarán ejercicios técnico-tácticos diseñados por el preparador físico y que consistirán en conducción del balón y pases. En fases más avanzadas esta conducción se realizará en zigzag e incorporando algún salto y tiro a mini-porterías. Por último habrá 10 minutos de estiramientos de la misma forma que en los días de pliometría.

6. Calendario previsto

Este proyecto empezará en mayo de 2017 y finalizará, aproximadamente, unos 2 años más tarde, en septiembre de 2019. Antes de iniciar dicha investigación, se deberá aprobar un protocolo de estudio que deberá cumplir con todos los requisitos para llevarse a cabo. De esta forma, podrá iniciarse el proyecto, el cual constará de varias fases:

- Fase previa
- Obtención de la muestra
- Intervención y recogida de datos
- Análisis de los datos
- Conclusiones del estudio

6.1 Fase previa

En esta fase será necesario obtener todos los recursos necesarios para poder ejecutar el estudio. Empezará a mediados de mayo de 2017 y tendrá una duración aproximada de 3 meses, momento en el que empezarán las diferentes ligas de fútbol.

Durante este tiempo deberá realizarse la compra o alquiler del material necesario (aparatos de medición, material de entrenamiento de fútbol y cajones para la pliometría, entre otras).

También se precisará contactar con todos los participantes del estudio (fisioterapeutas, preparador físico, enfermero y estadístico) para corroborar su disposición y para realizar distintas reuniones en las que se explicará detalladamente el estudio y todos los pasos a seguir en él.

Por último, se requerirá la disponibilidad de los espacios en los que se realizarán las diferentes partes del estudio (Campo de arena y Laboratorio de valoración funcional del INEFC de Lleida, Laboratorio clínico del Hospital Arnau de Vilanova y Facultad de Enfermería y Fisioterapia de la Universitat de Lleida).

6.2 Obtención de la muestra

La duración de esta parte es variable debido a que la obtención de la muestra del estudio no será simultánea. Los diferentes participantes empezarán la intervención una vez se lesionen, sean intervenidos y cumplan con los criterios para empezar dicha intervención (como mínimo 4 meses después de la lesión). Esto es debido a que no se lesionarán todos los sujetos a la vez y, por ello, no se puede determinar la duración del período de obtención de la muestra.

Por tanto, los sujetos irán formando parte del estudio aproximadamente entre noviembre de 2017 (4 meses después del inicio de temporada) y septiembre de 2018 (4 meses después del final de temporada).

6.3 Intervención y recogida de datos

Los datos se irán recopilando a lo largo de la intervención, que durará unos 2 meses para cada sujeto hasta que cumpla con los criterios para volver a los entrenamientos con su equipo. La duración total de la intervención y recogida de datos de toda la muestra del estudio variará dependiendo de la obtención de dicha muestra. En estos 2 meses, la primera semana se utilizará para informar al sujeto sobre el estudio, para la firma del consentimiento informado y para comprobar si es apto para poder empezar la intervención.

Debe puntualizarse que la recogida de los datos sobre la recidiva no está incluida dentro de estos 2 meses, puesto que deberá esperarse una temporada completa tras la recuperación de cada futbolista lesionado.

Por tanto este periodo podrá extenderse desde noviembre de 2017 hasta noviembre de 2018, es decir, la valoración de todos los participantes puede llevar hasta un año completo.

6.4 Análisis de los datos

El periodo de análisis de todos los datos de las variables, la comparación entre éstas y los cálculos necesarios para extraer conclusiones, mediante el programa informático SPSS, durará aproximadamente 2 meses.

En esta parte se podrán analizar todos los datos a la vez, a partir de una temporada posterior a la lesión de los sujetos. Es decir, desde finales de mayo de 2019 hasta finales de julio de 2019.

6.5 Conclusiones del estudio

El apartado final del estudio durará 2 meses y será destinado a que el investigador principal analice los resultados obtenidos, extraiga conclusiones y las redacte a modo de informe. Esto dará por finalizado el estudio, alrededor de septiembre de 2019.

En este informe quedará reflejado si se ha cumplido la hipótesis del estudio y, por tanto, si se puede plantear la propuesta en las diferentes ligas de fútbol.

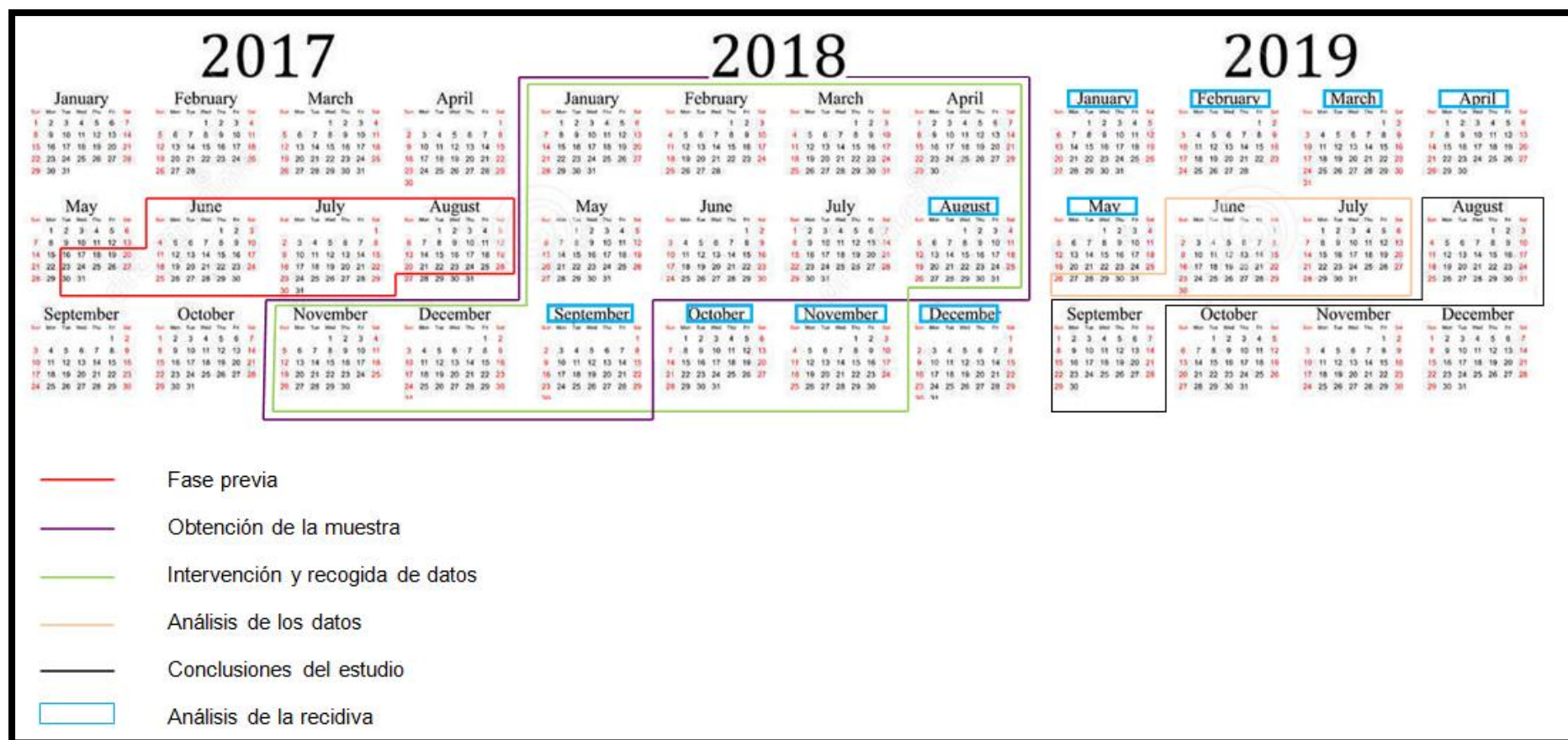


Fig. 32 Calendario previsto

7. Limitaciones y posibles sesgos

Todo proyecto de investigación está sujeto a limitaciones y posibles sesgos que deben ser detectados y analizados para minimizar al máximo sus efectos y, de esta forma, hacer que dicho estudio no pierda calidad (99). Se han identificado las siguientes:

- Imposibilidad de realizar un ensayo a triple ciego debido a las características del estudio. Sin embargo, el fisioterapeuta encargado de realizar las mediciones sí lo estará.
- Podría no llegarse a la muestra estimada de 45 participantes, hecho que podría afectar a la validez interna del estudio. Sin embargo, la incorporación alterna a lo largo de la temporada, puede favorecer llegar a dicha cifra.
- Debe establecerse como posible sesgo un fallo en los instrumentos de medida, informáticos o a la hora de analizar los datos extraídos. Para ello, se comprobarán de forma exhaustiva todos estos aparatos, tanto antes como después de cada intervención.
- Debe establecerse como un posible sesgo el abandono de alguno de los participantes por razones ajenas al estudio. Esto se ha tenido en cuenta en el cálculo de la muestra, que se ha estimado teniendo en cuenta un 15% de pérdidas.
- Cada jugador será seguramente intervenido por un médico diferente. De la misma forma, éstos recibirán un tratamiento en fisioterapia distinto hasta conseguir los criterios necesarios para realizar el estudio. Este posible sesgo, se intentará remediar proporcionando ciertas recomendaciones a cada club sobre el tratamiento a llevar a cabo. Además, este hecho no tendrá tanta importancia debido a que la valoración inicial se realizará posteriormente a estos tratamientos, por lo que no influirá en los resultados valorados.

- El tiempo de recuperación y recidiva son variables que dependen de muchos factores. La realización de los mismos tratamientos en todos los sujetos, intentará disminuir una posible limitación.

8. Problemas éticos

En todo proyecto de investigación, esencialmente en los que se realiza intervenciones en humanos, deben seguirse unos criterios metodológicos en cuanto a la ética del estudio y la protección de datos de los sujetos del estudio.

El estudio sigue una serie de recomendaciones éticas y orientaciones para la protección de sujetos en la experimentación, recogidas en el Informe de Belmont de 1978. Por tanto sigue los principios bioéticos respecto a la autonomía de las personas, beneficencia y justicia. Asimismo, cuenta con los requisitos del consentimiento informado, valoración de riesgos y beneficios, y la selección de los sujetos, que este informe detalla (100).

De la misma forma, se sigue la Declaración de Helsinki de la Asociación Médica Mundial (AMM) en cuanto a lo que principios éticos en investigación médica en humanos se refiere (101).

También se respetan los principios del Código de Nuremberg de 1947 en los que se recoge que el consentimiento voluntario de los sujetos es esencial, que la finalidad del estudio es obtener resultados positivos para la sociedad, que las intervenciones no suponen un daño innecesario ni físico ni mental, que no exponen a los sujetos a un riesgo de lesión grave, incapacidad o muerte y que los sujetos libremente pueden abandonar el estudio en el momento que quieran (102).

Por último, para el correcto desarrollo de las intervenciones en fisioterapia se seguirá la guía de práctica clínica “Guidelines for Good Clinical Practice” (CPMP/ICH/135/95).

Por todo esto, se realizará un Consentimiento informado (*Anexo 1*) que deberá firmarse por los sujetos para poder empezar la intervención, los datos serán guardados en una carpeta cifrada con acceso limitado para proteger los datos y se respetarán los principios y recomendaciones éticas citadas anteriormente.

Para comprobar que este compromiso ético se cumple, se enviará el proyecto al Comité Ético de Investigación Clínica (CEIC) del Hospital Arnau de Vilanova de Lleida para su aprobación.

9. Organización del estudio

El día 26 de mayo de 2017 se enviará la documentación al CEIC para su aprobación y tras ésta, dará comienzo el estudio.

Una vez el proyecto esté aprobado, empezará la fase previa, en la que se deberán obtener todos los recursos materiales, solicitar las instalaciones y reunir a los profesionales que participarán en el estudio. Para ello, mediante el presupuesto preparado y los recursos económicos disponibles, se realizará la compra del material que se va a utilizar. Debe decirse, que el alquiler del isocinético, debido al alto precio, se hará en el momento justo en que empiece la intervención. Respecto a los profesionales, habrá diferentes reuniones en las que se explicará cómo debe transcurrir el estudio, qué función tiene cada uno y cómo se debe llevar a cabo tanto la intervención, como las mediciones y la estadística. Las reuniones serán en la Facultad de Enfermería y Fisioterapia de la Universitat de Lleida.

Las diferentes ligas de fútbol empezarán sus torneos en agosto de 2017 y conforme los jugadores se lesionen del LCA, sean intervenidos y empiecen su recuperación, serán susceptibles de empezar la intervención. Si éstos firman el consentimiento informado y cumplen con los criterios de inclusión y exclusión, pasarán a ser sujetos de estudio. Para ello habrá una reunión con el investigador principal que les explicará en qué consistirá el estudio y les ofrecerá la distinta documentación.

Los sujetos de estudio empezarán entonces el plan de intervención en las instalaciones del INEFC de Lleida. Un fisioterapeuta y un preparador físico llevarán a cabo estas intervenciones o bien en un campo de hierba (Grupo control) o en uno de arena (Grupo experimental) dependiendo de la aleatorización que se habrá realizado previamente.

Cada día, tras la intervención, el fisioterapeuta encargado de las mediciones, realizará las distintas mediciones en el Laboratorio de Valoración funcional del INEFC de Lleida, recogerá los datos de los diferentes softwares y recopilará estos datos en la base de datos.

Por otro lado, el enfermero, realizará la extracción de sangre que deberá analizarse en el laboratorio del Hospital Arnau de Vilanova. Los datos de estos análisis se recopilarán también por este fisioterapeuta.

En cuanto a la variable recidiva, los datos serán enviados desde los diferentes equipos de fútbol durante la siguiente temporada (2018-2019) y serán almacenados de la misma manera.

Con todos los datos de todos los sujetos, a finales de mayo de 2019, el estadístico realizará su trabajo en el aula -1.02, habilitada para ello, en la facultad de Enfermería y Fisioterapia de la Universitat de Lleida.

Finalmente, con todos los datos almacenados y analizados, el investigador principal extraerá y redactará un informe de resultados y conclusiones, y dará por finalizado el estudio.

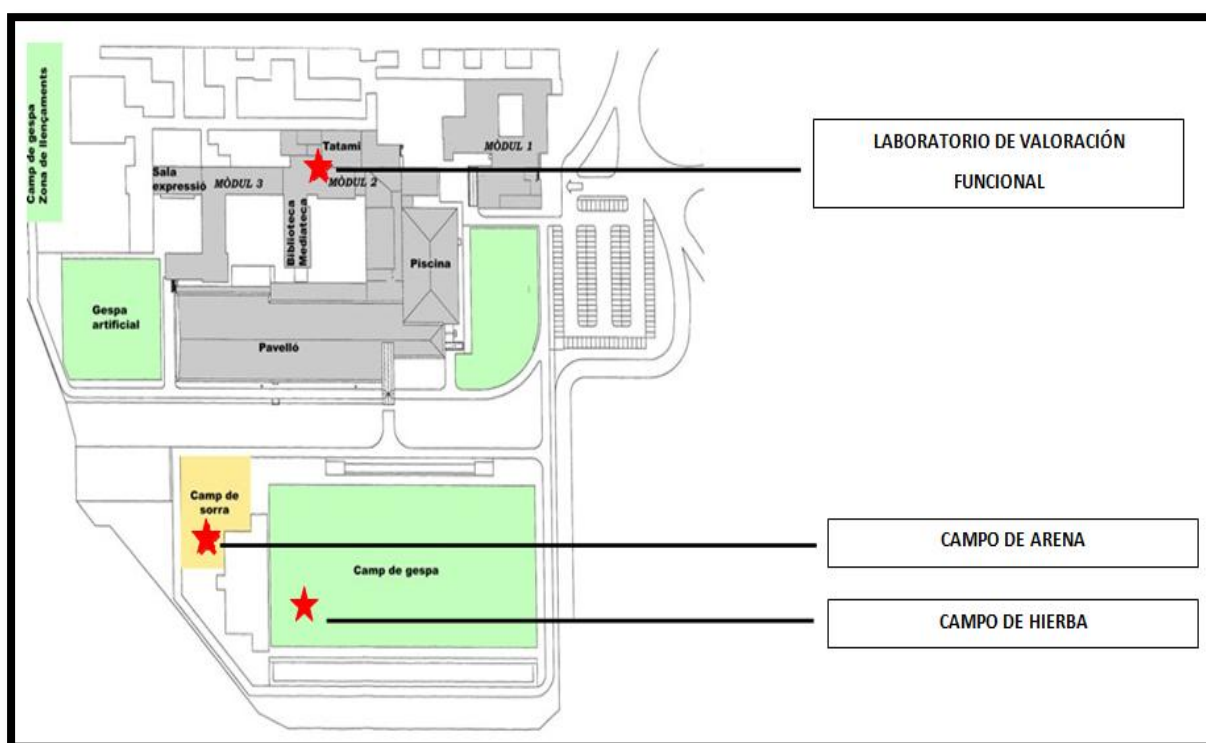


Fig. 33 Instalaciones INEFC Lleida

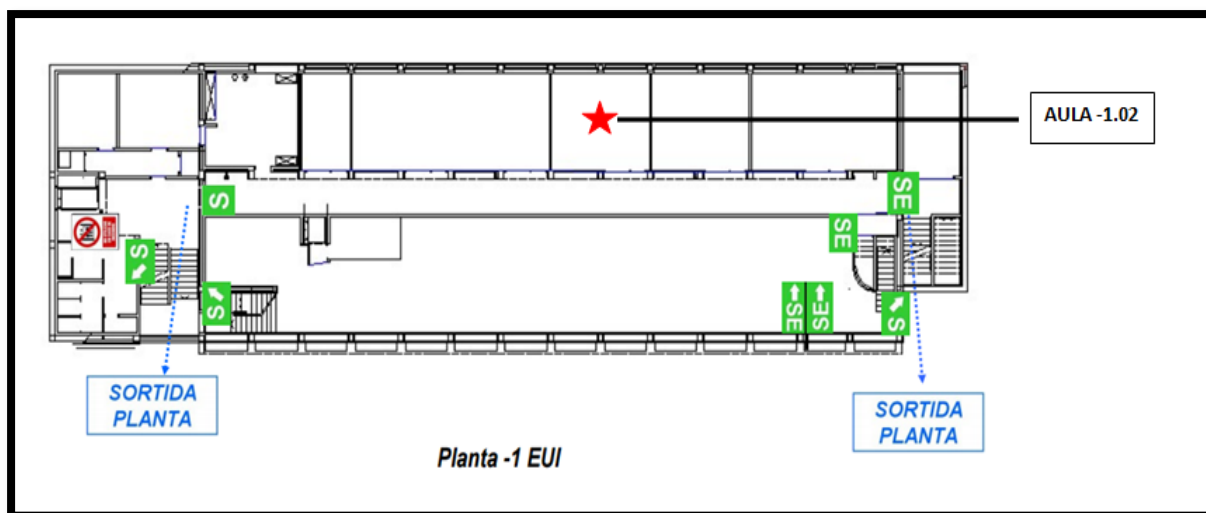


Fig. 34 Instalaciones Facultad Enfermería y Fisioterapia

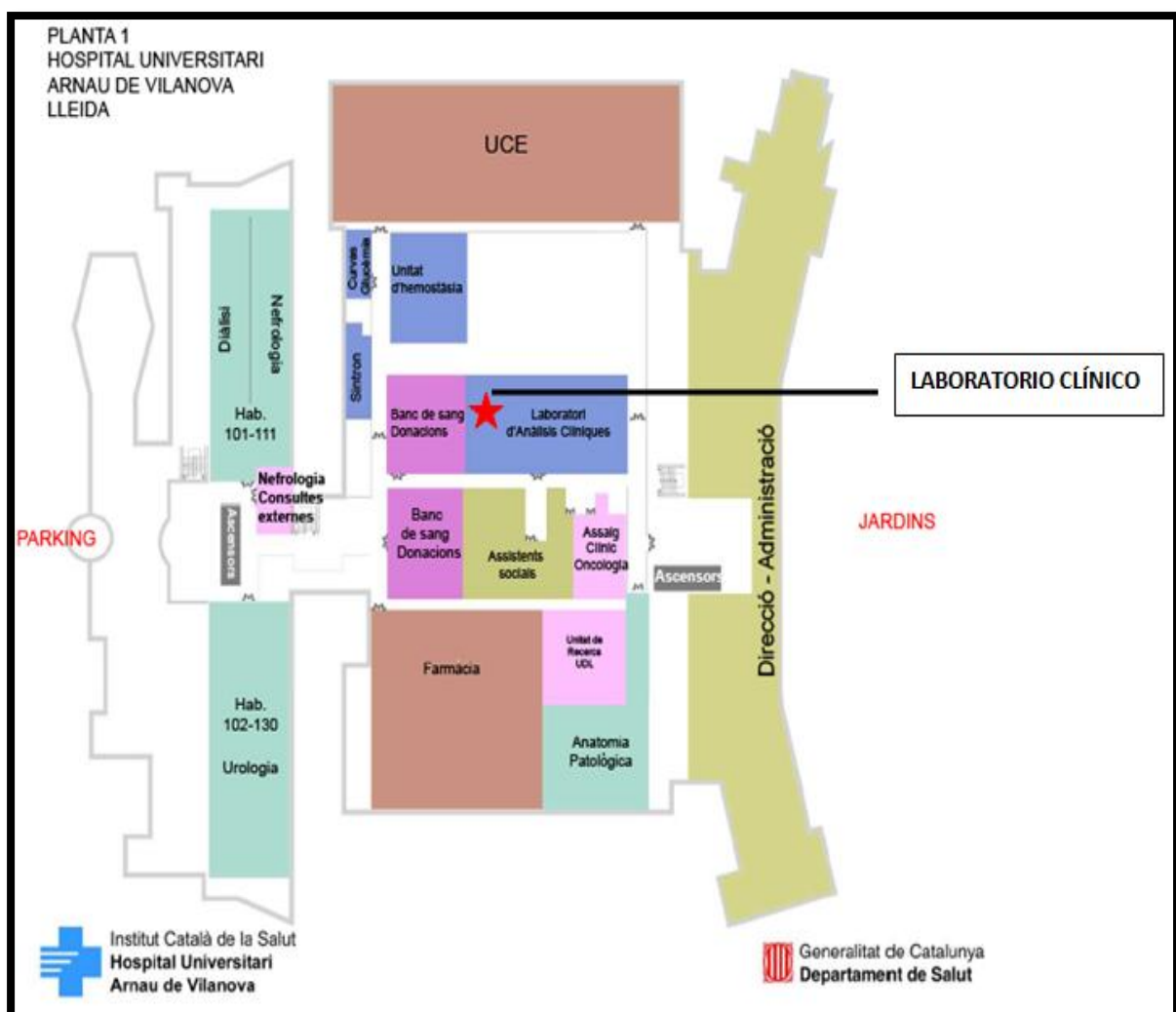


Fig. 35 Instalaciones Hospital Arnau de Vilanova

10. Presupuesto

Para llevar a cabo este proyecto es necesario realizar una estimación de los recursos necesarios y los precios, previendo un presupuesto económico. De esta forma, se podrá pedir financiación para que la propuesta sea factible. Se diferencian varios tipos de gastos:

- Recursos materiales: Material de entrenamiento (Cajones pliométricos, conos, mini-porterías, balones de fútbol, escalera de agilidad y cronómetro), material para realizar las mediciones (teléfono Iphone 6, Biodex System 4 Pro™, metro, Viper Pod, Viper Vest y Viper Mobile Antena) y material de oficina (portátiles, programa de cifrado, libretas, bolígrafos y discos duros externos).
- Recursos humanos: fisioterapeuta encargado de las mediciones, estadístico, fisioterapeuta encargado de la intervención, preparador físico, enfermero e investigador principal. El enfermero recibirá un plus por parte del Hospital Arnau de Vilanova, institución colaboradora, por lo que no resultará un gasto. Lo mismo pasará con el fisioterapeuta encargado de las mediciones que será cedido por la Universidad.
- Instalaciones: Campo de arena del INEFC Lleida, Terreno de césped del INEFC Lleida, Laboratorio de valoración funcional del INEFC Lleida, Laboratorio clínico ICS del Hospital Arnau de Vilanova de Lleida y Aula -1.02 (informática) de la Facultad de Enfermería y Fisioterapia de la Universitat de Lleida. Todas estas instalaciones no supondrán ningún gasto puesto que la Universitat de Lleida colabora con el estudio, al igual que el Hospital Arnau de Vilanova que tiene varios convenios con esta universidad.

RECURSOS MATERIALES			
Tipo	Nº	Gasto	Gasto/total
Cajón pliométrico AFW	Pack 5x	250€	250€
Conos Optimum	Pack 50x	18€	18€
Mini-portería Kickmaster Quick Up	2	20€	40€
Balón Liga Santander 16-17	4	20€	80€
Escalera agilidad AIQI	2	11€	33€
Cronómetro Onogal	1	8€	8€
Teléfono Iphone 6	1	350€	350€
Biodex System 4 Pro™	1	800€/mes	9600€
Metro Stanley 3m	1	3€	3€
Viper Pod	1	800€	800€
Viper Vest	1	200€	200€
Viper Mobile Antena	Pack 4x	400€	400€
Portátil HP Pro x2 210 G1	2	200€	400€
Programa de cifrado	1	0€	0€
Libreta Oxford	2	5€	10€
Bolígrafo Bic azul	5	2€	10€
Disco duro externo Toshiba Canvio Basics	2	45€	90€
Total			12562€
RECURSOS HUMANOS			
Tipo	Nº	Gasto/mes	Gasto/total
Fisioterapeuta mediciones	1	0€	0€
Fisioterapeuta intervención	1	300€	3600€
Preparador físico	1	300€	3600€
Enfermero	1	0€	0€
Estadístico	1	300€	600€
Investigador principal	1	0€	0€
Total			7800€
INSTALACIONES			
Tipo	Nº	Gasto/mes	Gasto/total
Campo de arena INEFC	1	0€	0€
Terreno césped INEFC	1	0€	0€
Laboratorio valoración funcional INEFC	1	0€	0€
Laboratorio clínico ICS Hospital Arnau de Vilanova	1	0€	0€
Aula -1.02 Facultad Enfermería y Fisioterapia	1	0€	0€
Total			0€
TOTAL			20362€

Tabla 2. Presupuesto económico

Todos los gastos ascenderán a un precio total de 20362€ y para disminuir estos costes se solicitará financiación y diferentes ayudas externas:

- Beca 'Ajuts a la investigació' del Col·legi de Fisioterapeutes de Catalunya (CFC).
- Ayuda 'Proyectos Explora Ciencia' del Programa Estatal de Fomento de la Investigación Científica y Técnica de Excelencia.

11. Bibliografía

1. Moreno C, Rodríguez V, Seco J. Epidemiología de las lesiones deportivas. Epidemiology of sports injuries. Fisioterapia. 2008;30(1):40–8.
2. Hewett TE, Stasi SL, Myer GD. Current Concepts for Injury Prevention in Athletes After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. Am J Sports Med. 2013;41(1):216–24.
3. Ayala J, García G, Alcocer L. Lesiones del ligamento cruzado anterior. Acta Ortopédica Mex. 2014;28(1):57–67.
4. Flynn RK, Pedersen CL, Birmingham TB, Kirkley A, Jackowski D, Fowler PJ. The Familial Predisposition Toward Tearing the Anterior Cruciate Ligament: A Case Control Study. Am J Sports Med. 2005;33(1):23–8.
5. Ardern CL, Webster KE, Taylor NF, Feller JA. Return to the preinjury level of competitive sport after anterior cruciate ligament reconstruction surgery: two-thirds of patients have not returned by 12 months after surgery. Am J Sports Med. 2011;39(3):538–43.
6. Paterno MV, Rauh MJ, Schmitt LC, Ford KR, Hewett TE. Incidence of Second ACL Injuries 2 Years After Primary ACL Reconstruction and Return to Sport. Am J Sports Med. 2014 Jul 1;42(7):1567–73.
7. Wiggins AJ, Grandhi RK, Schneider DK, Stanfield D, Webster KE, Myer GD. Risk of Secondary Injury in Younger Athletes After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. Am J Sports Med. 2016;44(7):1861–76.
8. Fulton J, Wright K, Kelly M, Zebrosky B, Zanis M, Drvol C, et al. Injury risk is altered by previous injury: a systematic review of the literature and presentation of causative neuromuscular factors. Int J Sports Phys Ther. 2014;9(5):583–95.
9. American Orthopaedic Society for Sports Medicine. Second ACL injuries six times more likely after reconstruction , study finds. ScienceDaily. 2016;1–2.
10. Kunz M. 265 Million Playing Football. FIFA Mag. 2007;7:11–3.
11. Ekstrand J, Hägglund M, Waldén M. Injury incidence and injury patterns in

- professional football - the UEFA injury study Injury incidence and injury patterns in professional football – the UEFA Injury Study. *Br J Sports Med.* 2011;45(7):533–8.
12. Belloch L. Revisión La Epidemiología En El Fútbol : Una Revisión Sistemática the Epidemiology on Soccer : a Systematic. *Rev.int.med.cienc.act.fís.deporte.* 2010;10(37):22–40.
 13. Ekstrand J. Epidemiology of football injuries. *Sci Sport.* 2008;23(2):73–7.
 14. Waldén M, Hägglund M, Werner J, Ekstrand J. The epidemiology of anterior cruciate ligament injury in football (soccer): A review of the literature from a gender-related perspective. *Knee Surgery, Sport Traumatol Arthrosc.* 2011;19:3–10.
 15. Dai B, Mao D, Garrett WE, Yu B. Anterior cruciate ligament injuries in soccer: Loading mechanisms, risk factors, and prevention programs. *J Sport Heal Sci.* 2014;3(4):299–306.
 16. Noya Salces J, Gómez-Carmona PM, Gracia-Marco L, Moliner-Urdiales D, Sillero-Quintana M. Epidemiology of injuries in First Division Spanish football. *J Sports Sci.* 2014;32(13):1263–70.
 17. Waldén M, Hägglund M, Orchard J, Kristenson K, Ekstrand J. Regional differences in injury incidence in European professional football. *Scand J Med Sci Sport.* 2013;23(4):424–30.
 18. Generalitat de Catalunya. Observatori del Sistema de Salut de Catalunya [Internet]. Generalitat de Catalunya, editor. Barcelona; 2017. p. 1–2. Available from: <http://observatorisalut.gencat.cat/ca/>
 19. Alfonso V, Sancho F. Anatomía descriptiva y funcional del ligamento cruzado anterior. Implicaciones clínico-quirúrgicas. *Rev Española Cirugía Osteoartic.* 1992;27(157):33–42.
 20. McKinley M, Dean O'Loughlin V. Articulations. In: *Human Anatomy.* New York: McGraw-Hill; 2012. p. 252–88.
 21. Petersen W, Zantop T. Anatomy of the anterior cruciate ligament with regard to

- its two bundles. Clin Orthop Relat Res. 2007;454(454):35–47.
22. Bahr R, Krosshaug T. Understanding injury mechanisms: a key component of preventing injuries in sport. Br J Sports Med. 2005;39(6):324–9.
 23. Silvers HJ, Mandelbaum BR. Prevention of anterior cruciate ligament injury in the female athlete. Br J Sports Med. 2007;41(1):i52–9.
 24. Ajuied A, Wong F, Smith C, Norris M, Earnshaw P, Back D, et al. Anterior Cruciate Ligament Injury and Radiologic Progression of Knee Osteoarthritis: A Systematic Review and Meta-analysis. Am J Sports Med. 2014;42(9):2242.
 25. Friel NA, Chu CR. The Role of ACL Injury in the Development of Posttraumatic Knee Osteoarthritis. Clin Sports Med. 2013;32:1–12.
 26. Luc B, Gribble PA, Pietrosimone BG. Osteoarthritis prevalence following anterior cruciate ligament reconstruction: A systematic review and numbers-needed-to-treat analysis. J Athl Train. 2014;49(6):806–19.
 27. Culvenor AG, Crossley KM. Accelerated return to sport after anterior cruciate ligament injury: a risk factor for early knee osteoarthritis? Br J Sports Med. 2016;50(5):260–1.
 28. Chmielewski TL, George SZ, Tillman SM, Moser MW, Lentz T a., Indelicato P a., et al. Low- Versus High-Intensity Plyometric Exercise During Rehabilitation After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. Am J Sports Med. 2016;20(January):2–10.
 29. Grindem H, Snyder-Mackler L, Moksnes H, Engebretsen L, Risberg MA. Simple decision rules can reduce reinjury risk by 84% after ACL reconstruction: the Delaware-Oslo ACL cohort study. Br J Sports Med. 2016;50(13):804–8.
 30. Van Melick N, Van Cingel REH, Brooijmans F, Neeter C, Van Tienen T, Hullegie W, et al. Evidence-based clinical practice update: practice guidelines for anterior cruciate ligament rehabilitation based on a systematic review and multidisciplinary consensus. Br J Sports Med. 2016;50(24):1506–15.
 31. Malempati C, Jurjans J, Noehren B, Ireland ML, Johnson DL. Current Rehabilitation Concepts for Anterior Cruciate Ligament Surgery in Athletes.

- Orthopedics. 2015;38(111). Malempati C, Jurjans J, Noehren B, Ireland ML, Johnson DL. Current Rehabilitation Concepts for Anterior Cruciate Ligament Surgery in Athletes. Orthopedics. 2015;38(11):689–96.):689–96.
32. Wilk KE, Macrina LC, Cain EL, Dugas JR, Andrews JR. Recent Advances in the Rehabilitation of Anterior Cruciate Ligament Injuries. J Orthop Sport Phys Ther. 2012;42(3):153–71.
 33. Myer GD, Paterno M V, Ford KR, Hewett TE. Neuromuscular Training Techniques to Target Deficits Before Return to Sport After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. J Strength Cond Res. 2008;22(3):987–1014.
 34. Nagelli C V., Hewett TE. Should Return to Sport be Delayed Until 2 Years After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction? Biological and Functional Considerations. Sport Med. 2017;47(2):221–32.
 35. Booth MA, Orr R. Effects of Plyometric Training on Sports Performance. Strength Cond J. 2016;38(1):30–7.
 36. Wang YC, Zhang N. Effects of plyometric training on soccer players. Exp Ther Med. 2016;12(2):550–4.
 37. Sáez de Villarreal E, Requena B, Cronin JB. The Effects of Plyometric Training on Sprint Performance: A Meta-Analysis. J Strength Cond Res. 2012;26(2):575–84.
 38. Vácz M, Tollár J, Meszler B, Juhász I, Karsai I. Short-term high intensity plyometric training program improves strength, power and agility in male soccer players. J Hum Kinet. 2013;36(March):17–26.
 39. Padua DA, Marshall SW, Carolina N. Evidence Supporting ACL-Injury-Prevention Exercise Programs : A Review of the Literature. Athl Ther Today. 2006;3(2):10–6.
 40. Binnie MJ, Dawson B, Pinnington H, Landers G, Peeling P. Sand training: a review of current research and practical applications. J Sports Sci. 2014;32(1):8–15.
 41. Binnie MJ, Dawson B, Arnot MA, Pinnington H, Landers G, Peeling P. Effect of

- sand versus grass training surfaces during an 8-week pre-season conditioning programme in team sport athletes. *J Sports Sci.* 2014;32(11):1001–12.
42. Lejeune TM, Willems P a, Heglund NC. Mechanics and energetics of human locomotion on sand. *J Exp Biol.* 1998;201(13):2071–80.
 43. Binnie MJ, Dawson B, Pinnington H, Landers G, Peeling P. Effect of Training Surface on Acute Physiological Responses After Interval Training. *J Strength Cond Res.* 2013 Apr;27(4):1047–56.
 44. Drakos MC. The Effect of the Shoe-Surface Interface in the Development of Anterior Cruciate Ligament Strain. *J Biomech Eng.* 2009;132:1–7.
 45. Griffin LY. Understanding and Preventing Noncontact Anterior Cruciate Ligament Injuries: A Review of the Hunt Valley II Meeting, January 2005. *Am J Sports Med.* 2006;34(9):1512–32.
 46. Plessis JE Du, Venter R. The effect of barefoot training on speed, agility, power and balance in netball players [Tesis doctoral]. Stellenbosch University; 2011.
 47. Miyama M, Nosaka K. Influence of Surface on Muscle Damage and Soreness Induced by Consecutive Drop Jumps. *J Strength Cond Res.* 2004;18(2):206.
 48. Clarkson PM, Hubal MJ. Exercise-induced muscle damage in humans. *Am J Phys Med Rehabil.* 2002;81(11):S52–69.
 49. Córdova Martínez A, Drobnic Martínez F, González de Suso JM, Álvarez de Mon M. Disminución del rendimiento deportivo: estrés, daño muscular y síndromes asociados a la fatiga inducidos por el deporte. *Med - Programa Form Médica Contin Acreditado.* 2002;8(85):4569–76.
 50. Byrne C, Twist C, Eston R. Neuromuscular function after exercise-induced muscle damage: theoretical and applied implications. *Sports Med.* 2004;34(1):49–69.
 51. Mastaglia FL. The relationship between muscle pain and fatigue. *Neuromuscul Disord.* 2012;22(3):S178–80.
 52. Arazi H, Mohammadi M, Asadi A. Muscular adaptations to depth jump

- plyometric training: Comparison of sand vs. land surface. *Interv Med Appl Sci.* 2014;6(3):125–30.
53. Lahmian OG, Salesi M, Dast H, Hagh B. Comparing The Effects of The Plyometric Exercise on Sand , Grass and Wood Surfaces on Delayed-Onset Muscle Soreness Of Young Athletes. *Int J Sport Stud.* 2014;4(4):441–7.
 54. Impellizzeri FM, Rampinini E, Castagna C, Martino F, Fiorini S, Wisloff U. Effect of plyometric training on sand versus grass on muscle soreness and jumping and sprinting ability in soccer players. *Br J Sports Med.* 2008;42:42–6.
 55. Arazi H, Eston R, Asadi A, Roozbeh B, Saati Zarei A. Type of Ground Surface during Plyometric Training Affects the Severity of Exercise-Induced Muscle Damage. *Sports.* 2016;4:1–15.
 56. Amrinder S, Sakshi G, Singh SJ. Effect of plyometric training on sand versus grass on muscle soreness and selected sport-specific performance variables in hockey players. *J Hum Sport Exerc.* 2014;9(1):59–67.
 57. Brau J, Yanguas X. Return to Play in Rectus Femoris Muscle Injuries. Our Experience with Professional Football Players. In: 8th Muscletech Network Workshop: Quadriceps Muscle Injuries. Barcelona: MuscleTech Network; 2016.
 58. Bigland-Ritchie B, Woods JJ. Changes in muscle contractile properties and neural control during human muscular fatigue. *Muscle Nerve.* 1984;7(9):691–9.
 59. Fort Vanmeerhaeghe A, Romero Rodriguez D. Análisis de los factores de riesgo neuromusculares de las lesiones deportivas. *Apunt Med l'Esport.* 2013;48(179):109–20.
 60. Goerger BM, Marshall SW, Beutler AI, Blackburn JT, Wilckens JH, Padua D a. Anterior cruciate ligament injury alters preinjury lower extremity biomechanics in the injured and uninjured leg: the JUMP-ACL study. *Br J Sports Med.* 2015;49(3):188–95.
 61. Cortes N, Greska E, Kollock R, Ambegaonkar J, Onate JA. Changes in lower extremity biomechanics due to a short-term fatigue protocol. *J Athl Train.*

2013;48(3):306–13.

62. Ferreño NL. Efectos de la fatiga sobre la biomecánica de miembro inferior en atletas: una revisión sistemática [Tesis doctoral]. Universidade da Coruña; 2005.
63. Paterno M V., Schmitt LC, Ford KR, Rauh MJ, Myer GD, Huang B, et al. Biomechanical Measures During Landing and Postural Stability Predict Second Anterior Cruciate Ligament Injury After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction and Return to Sport. *Am J Sports Med.* 2010;38(10):1968–78.
64. Vandenberg C, Crawford EA, Sibilsky Enselman E, Robbins CB, Wojtys EM, Bedi A. Restricted Hip Rotation Is Correlated With an Increased Risk for Anterior Cruciate Ligament Injury. *Arthrosc J Arthrosc Relat Surg.* 2016;1–9.
65. Jones CM, Griffiths PC, Mellalieu SD. Training Load and Fatigue Marker Associations with Injury and Illness: A Systematic Review of Longitudinal Studies. *Sport Med.* 2016;1–32.
66. Brazier J, Bishop C, Simons C. Lower Extremity Stiffness: Effects on Performance and Injury and Implications for Training. *Strenght Cond J.* 2014;36(5):103–12.
67. Fernandez S P. Estudios experimentales en la práctica clínica. Investigación terapéutica. *Ensayos clínicos. Investigacion.* 2001;1–7.
68. Fernandez S P. Tipos de estudio clinico epidemiologicos. *Investigacion.* 2001;1–9.
69. Jovell AJ, Navarro-Rubio MD. Evaluación de la evidencia científica. *Med Clin.* 1995;105(19):740–3.
70. Chalmers TC, Smith H, Blackburn B, Silverman B, Schroeder B, Reitman D, et al. A method for assessing the quality of a randomized control trial. *Control Clin Trials.* 1981;2:31–49.
71. FCF. Federació Calana de Futbol [Internet]. FCF, editor. Barcelona; 2017. p. 1–4. Available from: <http://fcf.cat/>

72. Fernandez S P. Determinación del tamaño muestral. Cad Aten Primaria. 1996;3:138–44.
73. Adams D, Logerstedt DS, Hunter-Giordano A, Axe MJ, Snyder-Mackler L. Current concepts for anterior cruciate ligament reconstruction: a criterion-based rehabilitation progression. J Orthop Sport Phys Ther. 2012;42(7):601–14.
74. INEFC. Portal Inefc Lleida [Internet]. INEFC, editor. Lleida; 2017. p. 12–3. Available from: http://lleida.inefc.es/grau_cafe/web.php?web=NDc=&lang=cast
75. Brancaccio P, Maffulli N, Limongelli FM. Creatine kinase monitoring in sport medicine. Br Med Bull. 2007;81–82(1):209–30.
76. ICS (Hospital Arnau de Vilanova). Anàlisis clíniques [Internet]. ICS, editor. Lleida; 2017. p. 1–2. Available from: http://www.icslleida.cat/hospital/serveis_unitats/1
77. Macaluso F, Isaacs AW, Myburgh KH. Preferential type II muscle fiber damage from plyometric exercise. J Athl Train. 2012;47(4):414–20.
78. Biodex. Biodex [Internet]. New York; 2017. p. 1–2. Available from: <http://www.biodex.com/>
79. Stark B, Emanuelsson P, Gunnarsson U, Strigård K. Validation of Biodex system 4 for measuring the strength of muscles in patients with rectus diastasis. J Plast Surg Hand Surg. 2012;46(2):102–5.
80. Drouin JM, Valovich-McLeod TC, Shultz SJ, Gansneder BM, Perrin DH. Reliability and validity of the Biodex system 3 pro isokinetic dynamometer velocity, torque and position measurements. Eur J Appl Physiol. 2004;91(1):22–9.
81. Byrne C, Eston RG, Edwards RH. Characteristics of isometric and dynamic strength loss following eccentric exercise-induced muscle damage. Scand J Med Sci Sports. 2001;11(3):134–40.
82. Vickers a J. Time course of muscle soreness following different types of exercise. BMC Musculoskelet Disord. 2001;2(5):1–4.

83. Milanese S, Gordon S, Buettner P, Flavell C, Ruston S, Coe D, et al. Reliability and concurrent validity of knee angle measurement: Smart phone app versus universal goniometer used by experienced and novice clinicians. *Man Ther.* 2014;19(6):569–74.
84. Franko O. TopOrthoApps [Internet]. Donson D, editor. Manhattan; 2017. p. 1–2. Available from: http://toporthoapps.com/2011/11/01/knee-goniometer/img_1224/
85. Scott MTU, Scott TJ, Kelly VG. The Validity and Reliability of Global Positioning Systems in Team Sport. *J Strength Cond Res.* 2016;30(5):1470–90.
86. Aughey RJ. Applications of GPS technologies to field sports. *Int J Sports Physiol Perform.* 2011;6(3):295–310.
87. Buchheit M, Allen A, Poon TK, Modonutti M, Gregson W, Di Salvo V. Integrating different tracking systems in football: multiple camera semi-automatic system, local position measurement and GPS technologies. *J Sports Sci.* 2014;32(20):1844–57.
88. Ehrmann FE, Duncan CS, Sindhusake D, Franzsen WN, Greene DA. GPS and Injury Prevention in Professional Soccer. *J Strength Cond Res.* 2016;30(2):360–7.
89. Statsports-Technologies. STATSports [Internet]. Grandson, editor. Newry (Ireland); 2017. p. 1–6. Available from: <http://statsports.com/>
90. Bowen L, Gross AS, Gimpel M, Li F-X. Accumulated workloads and the acute:chronic workload ratio relate to injury risk in elite youth football players. *Br J Sports Med.* 2017;0:1–8.
91. Cooper R. ACL Rehabilitation Guide. Australia; 2013. p. 1–28.
92. Adams D, Logerstedt D, Hunter-Giordano A, Axe J. M, Snyder-Mackler L. Current Concepts for Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Criterion-Based Rehabilitation Progression. *J Orthop Sport Phys Ther.* 2013;42(7):601–14.

93. Reid A, Birmingham TB, Stratford PW, Alcock GK, Giffin JR. Hop testing provides a reliable and valid outcome measure during rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction. *Phys Ther.* 2007;87(3):337–49.
94. Padua D a, Marshall SW, Boling MC, Thigpen C a, Garrett WE, Beutler AI. The Landing Error Scoring System (LESS) Is a valid and reliable clinical assessment tool of jump-landing biomechanics: The JUMP-ACL study. *Am J Sports Med.* 2009;37(10):1996–2002.
95. Gribble PA, Hertel J, Plisky P. Using the star excursion balance test to assess dynamic postural-control deficits and outcomes in lower extremity injury: A literature and systematic review. *J Athl Train.* 2012;47(3):339–57.
96. Drew MK, Finch CF. The Relationship Between Training Load and Injury, Illness and Soreness: A Systematic and Literature Review. *Sport Med.* Springer International Publishing; 2016;46(6):861–83.
97. Davies G, Riemann BL, Manske R. Current concepts of plyometric exercise. *Int J Sports Phys Ther.* 2015 Mar;10(6):760–83.
98. Ebben WP. Practical Guidelines for Plyometric Intensity. *NSCA's Perform Train J.* 2007;6(5):12–6.
99. Hernández-Ávila M, Francisco Garrigo MC, Salazar-Martínez E. Sesgos en estudios epidemiológicos. *Rev Cubana Hig Epidemiol.* 2008;46(1):438–46.
100. Driscoll PL, Madigan MD, Mishkin B, Beauchamp TL, Ph D, Singer B. Informe Belmont. *Natl Com Prot Hum Subj Biomed Behav Res.* 1978;78(12):1–11.
101. Kong H. Declaración de Helsinki de la AMM - Principios éticos para las investigaciones médicas en seres humanos. 2008;1–8.
102. Mainetti JA. Código De Núremberg. *Ética Médica.* 1989;1–2.

12. ANEXOS

Anexo 1: Consentimiento informado

INFORMACIÓN SOBRE EL ESTUDIO

Título: Efectividad del ejercicio pliométrico en arena en la lesión del LCA en futbolistas.

Investigador Principal: Michael Berenguer Dobato (Nº Col: xxxxx)

Contacto: Email: mbd5@alumnes.udl.cat Teléfono: 600123456

Descripción general: Se le ha entregado la presente documentación para informarle sobre las condiciones del estudio al que se le invita a participar. Este estudio ha sido aprobado por el Comité Ético de Investigación Científica (CEIC) del Hospital Arnau de Vilanova. Si usted acepta este consentimiento y cumple con los criterios de inclusión, pasará a formar parte de los sujetos de estudio y empezará la intervención, que tendrá una duración aproximada de 6-7 semanas.

La intervención consistirá en una serie de ejercicios pliométricos y ejercicios técnico-tácticos en una superficie de hierba o arena, según el grupo aleatorio al que se le asigne. Al finalizar cada sesión, se realizarán varias mediciones sobre la fatiga y el impacto en la rodilla. También se recogerán datos sobre el tiempo de recuperación y sobre la recidiva durante la siguiente temporada. Los datos de las mediciones se analizarán estadísticamente y se almacenarán para que finalmente el investigador principal extraiga y redacte un informe con las conclusiones.

Objetivo: El objetivo principal del estudio es comprobar si la recuperación de la lesión del LCA se produce de una forma más rápida y produce mejores efectos a largo plazo (menor número de recidivas) cuando la parte explosiva (pliometría) se realiza en una superficie de arena. Este hecho puede suponer un gran avance en la recuperación de dicha lesión y en el campo de la Fisioterapia deportiva.

Voluntariedad: Debe conocer que su participación es voluntaria y, por lo tanto, también lo es su capacidad para anular este consentimiento y finalizar el estudio cuando quiera. Por otro lado, esta participación no le supondrá ningún gasto pero de la misma forma, tampoco recibirá ningún tipo de compensación económica.

Riesgos/Beneficios: El presente estudio no supone un riesgo potencial para usted, puesto que la intervención realizada tendrá unas características muy similares a las que realizaría durante un proceso normal de recuperación de la lesión del LCA. Sin embargo, si se corrobora la hipótesis, puede afectar a largo plazo, de forma positiva, en el tiempo de recuperación y recidiva.

Confidencialidad: Todos los datos de carácter personal de todos los sujetos participantes se ajustará a lo dispuesto en la Ley Orgánica 15/1999, de 13 de diciembre de protección de datos de carácter personal. De acuerdo a lo que establece la legislación mencionada, usted puede ejercer los derechos de acceso, modificación, oposición y cancelación de datos, para lo cual deberá dirigirse al investigador principal. Los datos del estudio estarán guardados en una base de datos cifrada a la que solo tendrá acceso el investigador y dicha información no será revelada a persona alguna salvo excepciones, en caso de urgencia médica o requerimiento legal.

HOJA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO

Yo, con DNI.....

declaro que:

- He leído la información para el consentimiento del estudio.
- Soy conocedor de los riesgos/beneficios de mi participación en el estudio.
- Soy consciente de mi participación voluntaria y mi libertad para abandonar el estudio en el momento que quiera.
- Acepto que los datos sobre el estudio sean utilizados para el análisis, cumpliendo con los criterios de confidencialidad anteriormente explicados.
- Acepto participar en el estudio.

Lleida a,

Firma del sujeto:

Firma del investigador:

Yo, con DNI.....

declaro que:

- Anulo este consentimiento y finalizo así mi participación en el estudio

Lleida a,

Firma del sujeto:

Firma del investigador: